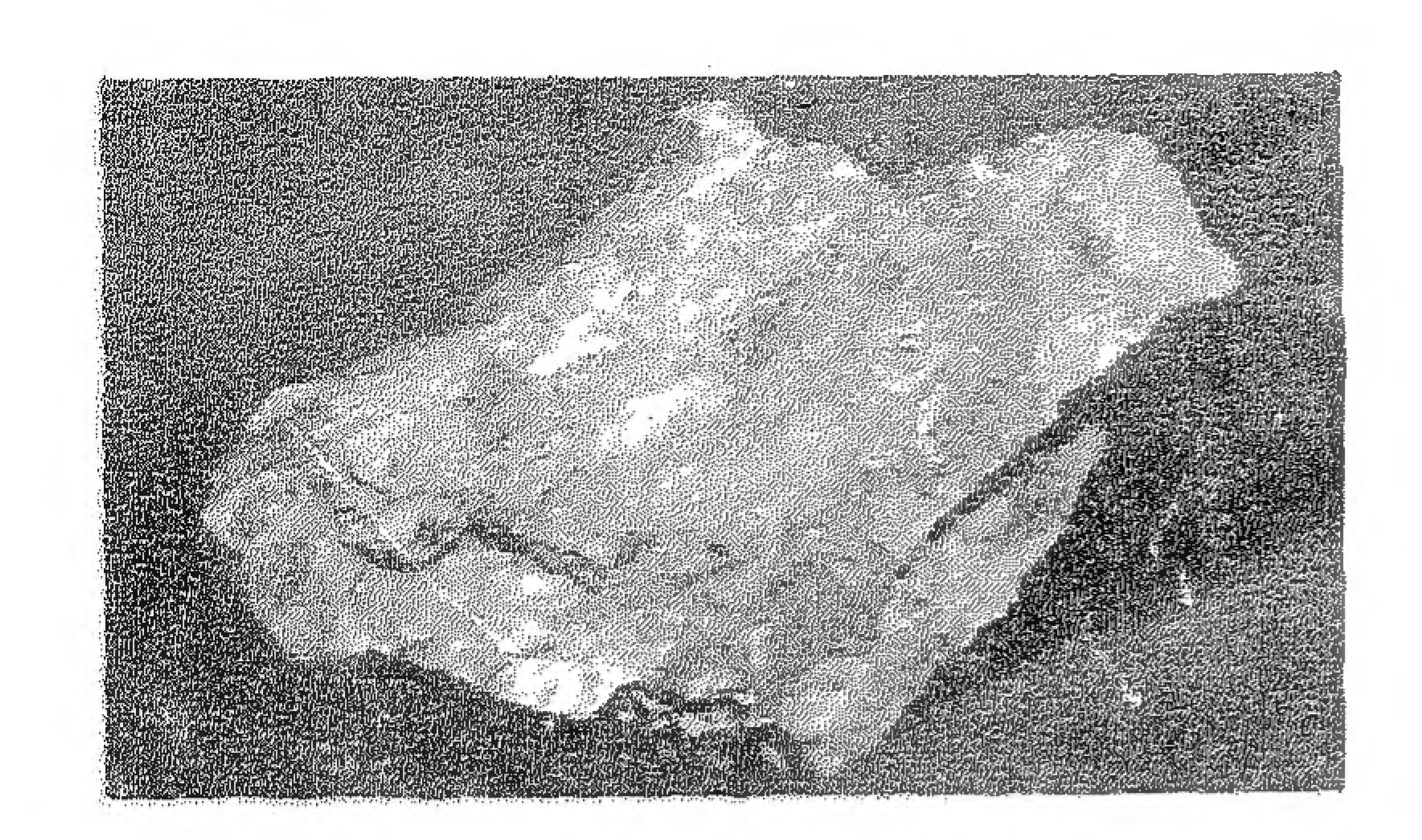
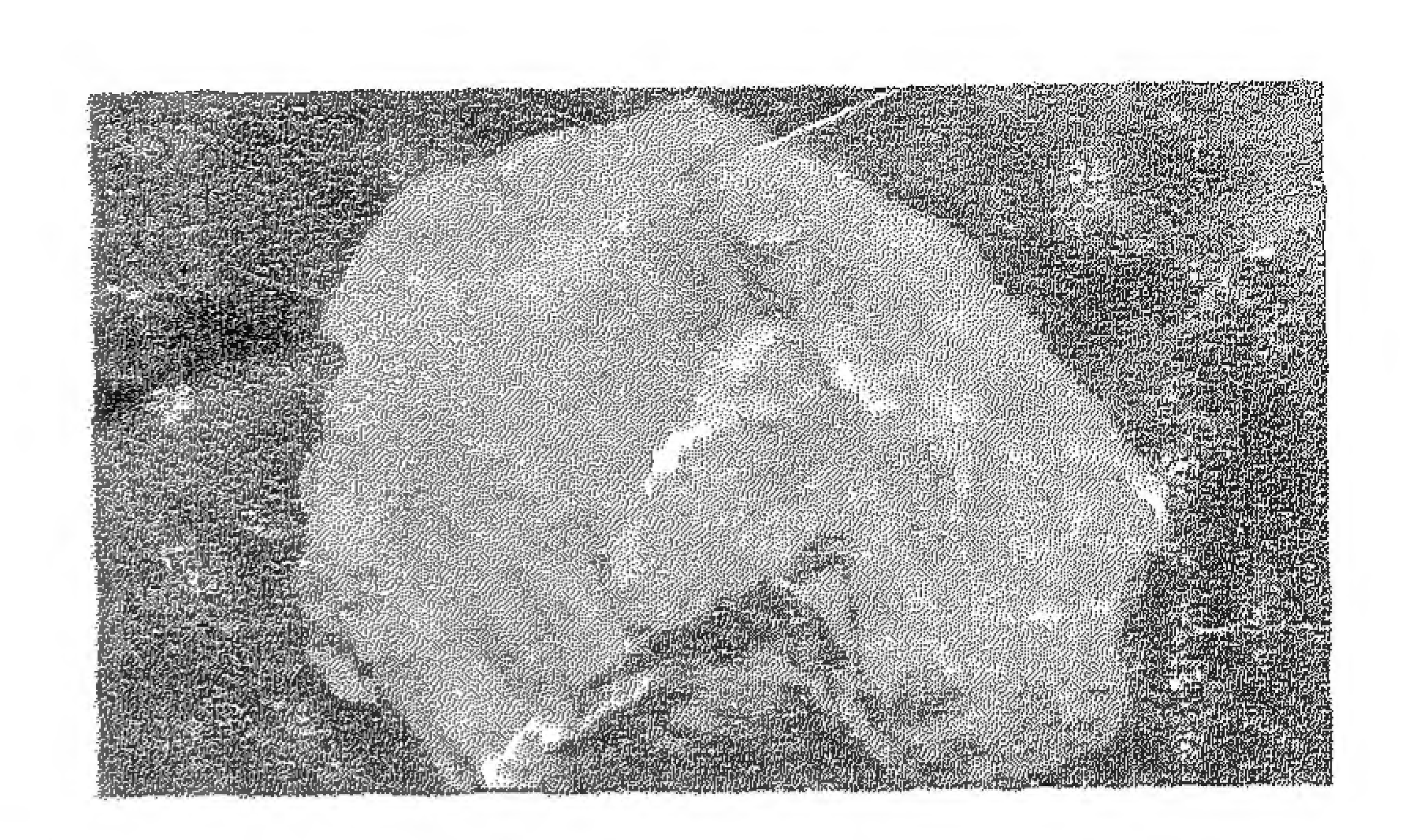
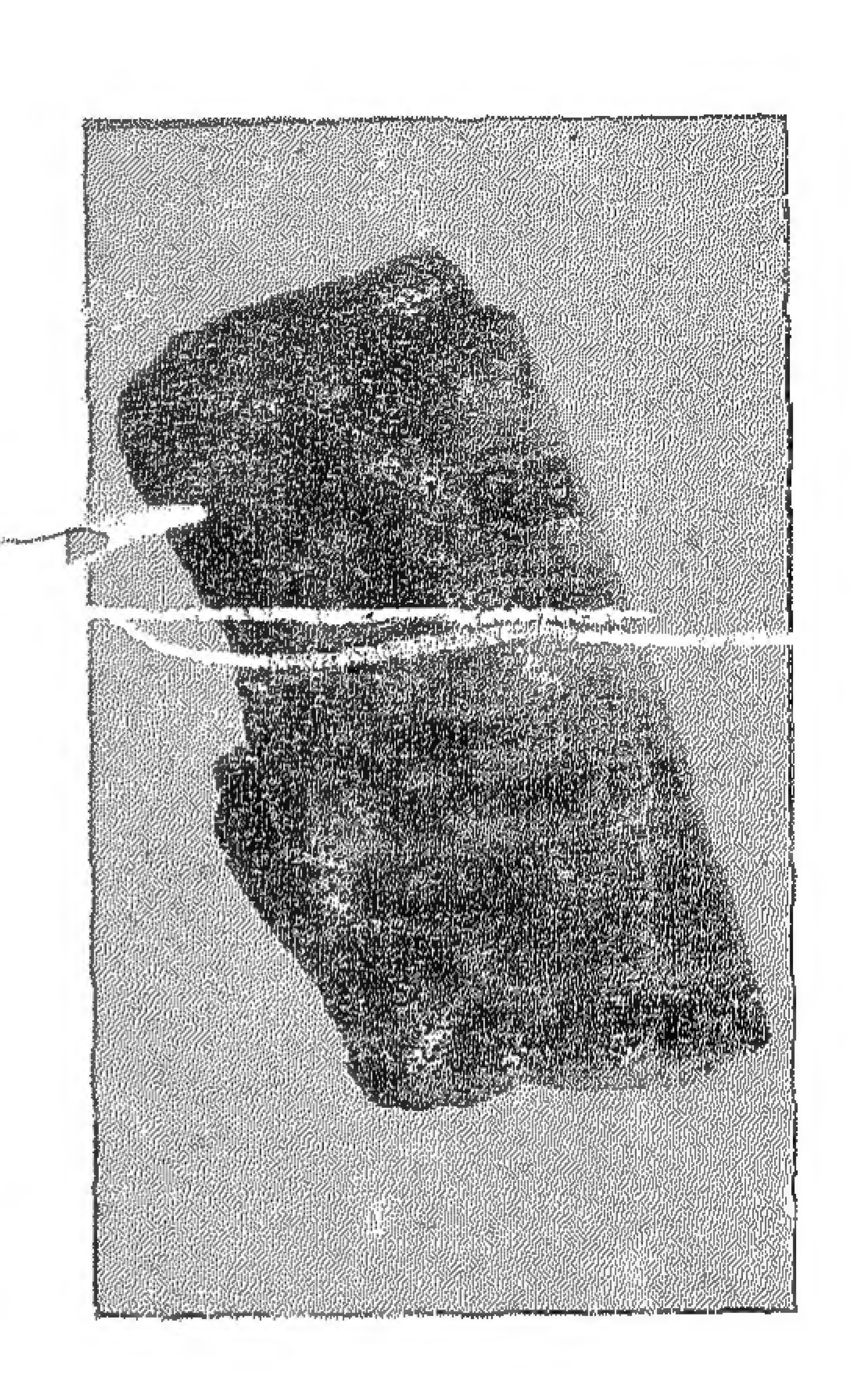
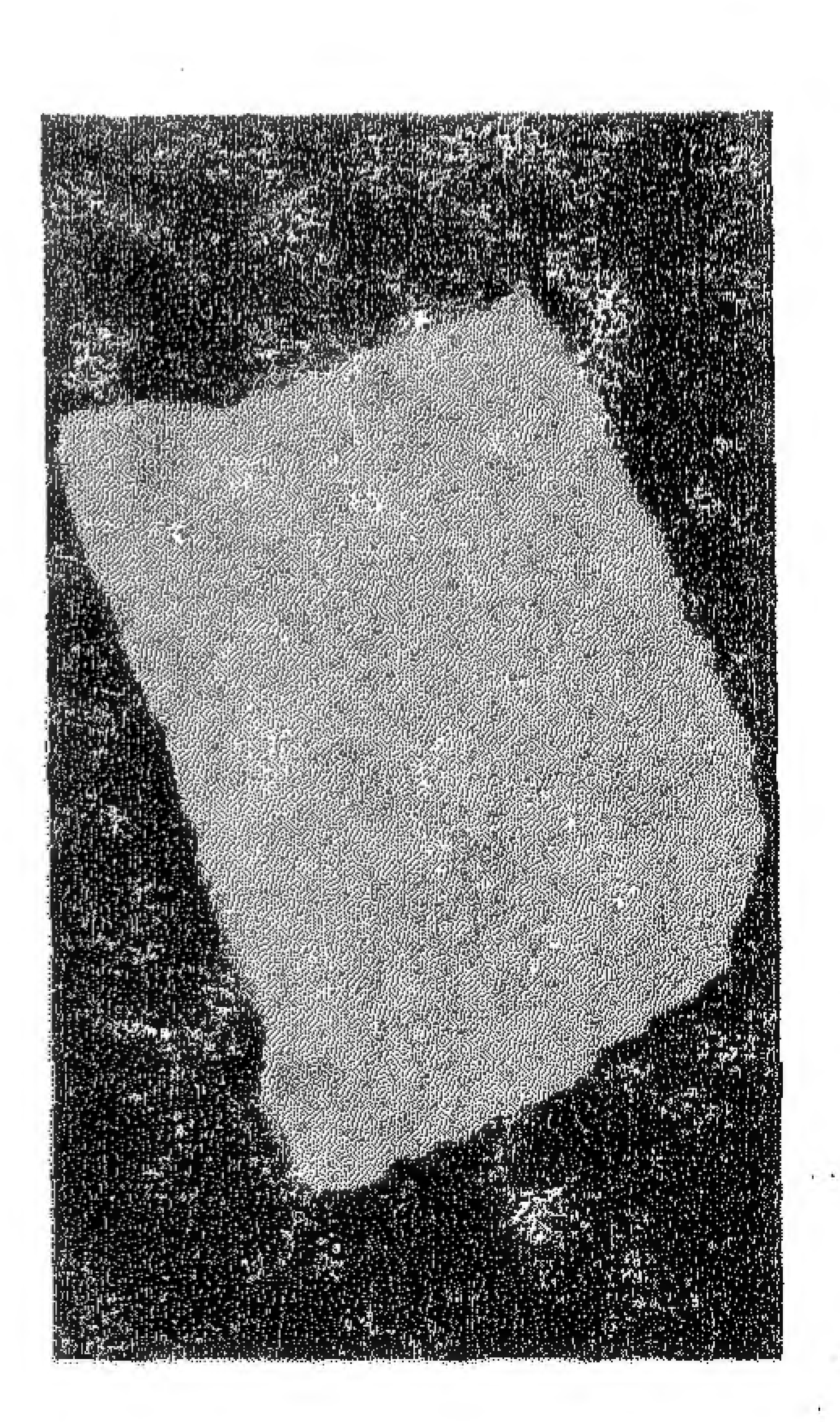
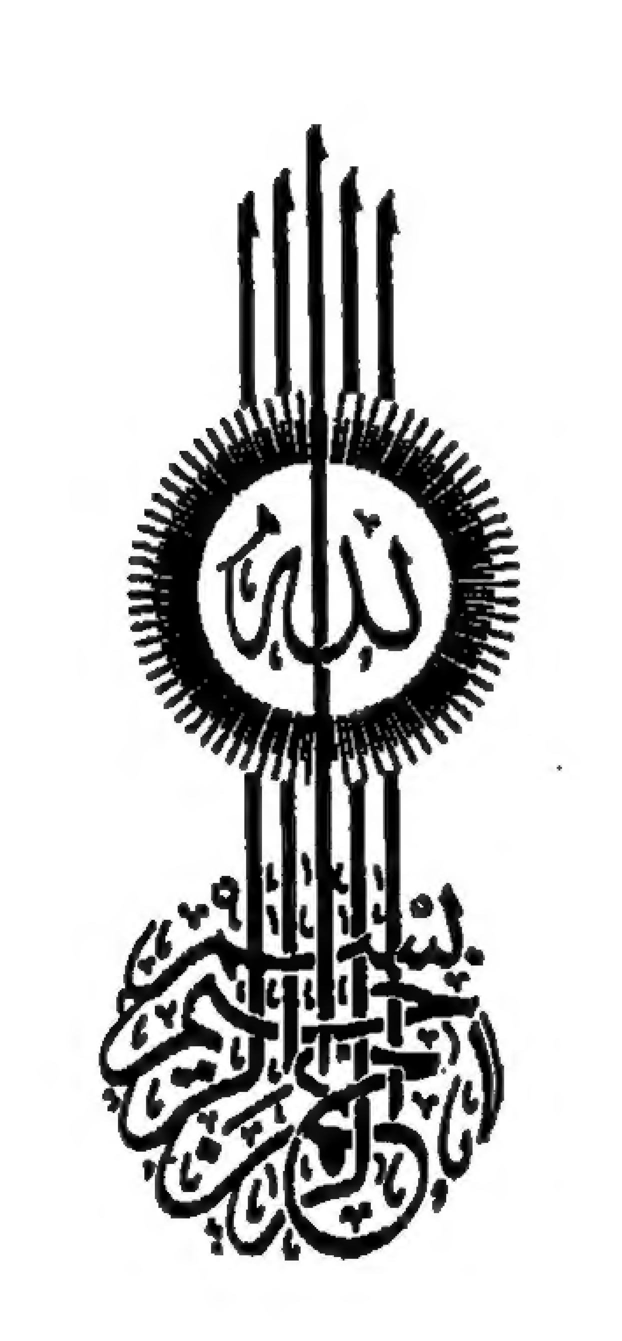




الرّواسب المعدنيّة في المملكة العربيّة السّعوديّة



الدكتور أحمد محمود سليمان الشنيطي

مركز النشر العلمي
جامعة الملك عبد العزيز
جدة



الرّواسب المعدنيّة في المملكة العربيّة السّعوديّة

الدكتور أحمد محمود سليمان الشنطي
أستاذ جيولوجيا التعدين
كلية علوم الأرض - جامعة الملك عبد العزيز

مركز النشر العلمي
جامعة الملك عبد العزيز
ص ب ١٥٤٠ - جدة ٢١٤٤١
المملكة العربية السعودية

الطبعة الأولى : ١٤١٦ هـ (١٩٩٥ م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

الشنطي ، أحمد محمود سلمان

الرواسب المعدنية في المملكة العربية السعودية.

... ص ؛ .. سم

ردمك ٧-٤٩-٠٦-٩٩٦٠

١- المعادن ٢- السعودية - المعادن أ- العنوان

ديوي ٥٥٣,١ ١٥/٣٨٩٠

رقم الإيداع : ١٥/٣٨٩٠

ردمك : ٧-٤٩-٠٦-٩٩٦٠

تصدير

الحمد لله الذي علم بالقلم . . علم الإنسان ما لا يعلم . . وصلى الله وسلم على المعلم الأول . . سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم خير من تعلم وأصدق من أعلم عن الله .

ولقد أسعدني أن أتصفح وأقدم لهذا الكتاب عن الرواسب المعدنية في المملكة العربية السعودية الذي يأتي في وقت نحن أحوج ما نكون إليه وذلك لأن ثروة الأمة الطبيعية نعمة يمن الله بها على عباده : «هو الذي أنزل عليكم نعمه ظاهرة وباطنة» والضرب في الأرض وراءها والكشف عن أسرارها مسئولية تقع على كاهل أبنائها ، واستغلال هذه الثروات وتوظيفها لتمكين دين الله في الأرض، وإعمار ديار الإسلام واجب كل غيور يرجو لأمته ولأهله الرفعة والمكانة المهابة بين الأمم . . وقد أتى حين من الدهر ، كان على أبناء العربية أن يتعلموا بغير لغتهم ويقرأوا عن ثروات بلادهم من مراجع وتقارير أجنبية لا يستطيع الجل أن يستوعبها وخاصة أبناؤنا الطلاب ممن لم يتمكنوا بعد من تلك اللغات.. لهذا فقد حمدت الله وانتابني شعور غامر بالرضا والسعادة وأنا أقرأ هذا الكتاب الذي بين أيدينا فمعرفتي بكاتبه - الأستاذ الدكتور أحمد محمود الشنطي - وثيقة بدأت منذ كان يعمل في المديرية العامة للثروة المعدنية حيث ولع بالعمل الحقلي وشغف بالترحال في أنحاء الجزيرة العربية، يتعرف على مواقع التمعدن، ويرصد معالمها . . ويقارن بينها ويربط بين قاصيها ودانيها . . يتعلم ممن سبقوه خبرة وتجاوزوه علما بكل ثقة وعزم وتوكل على الله وكنا نتدرب هناك أنا وزملائي من طلاب علوم الأرض.

ثم توطدت صلتي بالدكتور الشنطي عندما جاءت فكرة ضم معهد الجيولوجيا التطبيقية والذي كان يتبع وزارة البترول في ذلك الوقت وكان الدكتور الشنطي رئيسا للمعهد ورغبنا في ضمه إلى جامعة الملك عبدالعزيز لينطلق إلى ساحات أرحب في العلم والمعرفة وليمكن من خلاله تشكيل جيل جديد من الجيولوجيين يسهم بعلم واقتدار في الكشف عما تزخر به أرضنا الطيبة من نعم وثروات طبيعية ظاهرة وباطنة.

ولقد كان لي - ولله الحمد والمنة - شرف ضمّ المعهد لجامعة الملك عبدالعزيز واتخاذ إجراءات إنشاء كلية علوم الأرض لتكون أول صرح من نوعه في العالم العربي، وجزى الله أخي معالي الشيخ أحمد زكي يماني الذي أسس هذا المعهد وتفهم أهمية ضمه لرحاب الجامعة، وشكرا للدكتور أحمد الشنطي وزملائه من العلماء الأجلاء الذين اختيروا للعمل في هذا المجال فإن لهم الفضل في تلك المكانة الدولية التى تحظى بها كلية علوم الأرض اليوم.

ومن هنا كان توقعي أن يكون هذا الكتاب ثمرة جهاد طويل وحصاد سنين من العمل الصادق الخالص الذي يعكس دقة الأداء وأمانة الحقيقة العلمية وصحتها.

ولقد أتى الكتاب كما توقعت حافلا بالإضافات العلمية الجيدة التي كنت أسعى خلفها، عولجت فيه الموضوعات المختلفة بأسلوب سهل شيق رصين وبتتابع منطقي سلس. يبدأ الكتاب بمقدمة موجزة عن تاريخ التعدين في الجزيرة العربية منذ ما قبل الإسلام وحتى قيام المملكة العربية السعودية والذي تؤكده أعمال الحفر وأكوام الخبث المنتشرة في كل المواقع خاصة القريبة من تمعدنات الذهب والفضة والنحاس. ثم يبرز الاهتمام الحالي بالبحث والتنقيب عن الرواسب المعدنية بالمملكة.

يقسم المؤلف كتابه بعد تلك المقدمة إلى بابين رئيسين : الأول عن الرواسب المعدنية الفلزية، والثاني عن الرواسب اللافلزية . الباب الأول يغطي أكثر من ثلثي المادة العلمية في الكتاب وهو يشمل أربعة فصول : الأول عن الفلزات النفيسة والثاني عن الفلزات غير الحديدية والثالث عن الفلزات الحديدية والرابع عن الفلزات ضئيلة المقدار واللافلزات المصاحبة . يتقدم كل باب إيجاز عام عن الصخور التي يغلب ارتباط

الفلز بها والطرق السائدة في نشأته، اقتصادياته، من استخدام إلى توزيع إنتاجيته دوليا إلى النسبة الاقتصادية لتعدينه والعوامل التي تحكم ذلك - ثم ينتقل إلى التفاصيل الخاصة بوجود الفلز بالمملكة، وفي هذا يجوب بك المؤلف جميع المواقع الهامة واصفا جيولوجيتها موضحا نوعية التمعدن بها وأرجح النماذج المحتملة لنشأته مبينًا اقتصادياته ومزودا القارئ بالخرائط التفصيلية والمقاطع، ناسبا كُلاً منها إلي صاحب العمل الأصلي بأمانة الباحث ودقة العالم وحنكة الخبير.

ولم تغب عن المؤلف أن تمتد مواقع تمعدن النحاس في الفصل الثاني لتشمل أجاجيات البحر الأحمر فكان ذلك دليلا على التغطية الشاملة لكل المواقع - صغيرها وكبيرها في برها وبحرها.

أما الباب الثاني فقد أتى تقسيمه متمشيا مع الاتجاه العالمي في تأسيسه على الغرض المستخدم فيه الخام، فقسّمت الرواسب اللافلزية إلى تسعة فصول تضم: مواد الطاقة ومواد الصناعات الخزفية ومَواد الإنشاء والتشييد.. إلخ. وقد اتبع المؤلف نفس النهج المتميز الذي سار عليه في الباب الأول معطيا الاهتمام المناسب لكل باب.. خاصة بعد أن اكتسبت هذه المواد أهمية بالغة ليس فقط لما صارت إليه كمورد رئيس للدخل القومي في كثير من الدول بل لكونها أصبحت أساسا لا غنى عنه في معظم الصناعات الحديثة المتطورة.

ومما يزيد أهمية الكتاب أنه يأتي كذلك في وقت أخذ العالم يعاني فيه من مشكلة نفاذ الثروات المعدنية في العالم وما تزال فيه بلادنا بكراً وتزخر بالعديد من الثروات المعدنية الفلزية واللافلزية، وسوف يكون من واجبنا أن نولي هذا الموضوع كل الأهمية من ناحية الدراسة والبحث والاستكشاف والاستغلال الاقتصادي.

وأخيرا فإن كتاب: «الرواسب المعدنية في المملكة العربية السعودية» يعكس الجهد الخلاق والهمة العالية للمؤلف ويسد ثغرة في المكتبة العربية الجيولوجية وييسر للطلاب والباحثين العرب سبيل المعرفة بثروات وطنهم. ومع ذلك فإن كل هذا الجهد يفتح باباً لمزيد من الجهد، ويدعو الأساتذة والعلماء العرب إلى المزيد من الكتابة بالعربية فلن تتحقق للعرب نهضة إلاّ إذا أحيوا شخصيتهم الأصلية وتمسكوا بمقوماتها العريقة، ولن يمسكوا بناصية العلوم الحديثة إلا إذا كتبوها بالعربية، عندئذ فقط

سيتخلصون من الشعور بالغربة والتطفل، وسينتقلون من الانقياد إلى القيادة، ومن الترديد إلى الابتكار ، ومن التبعية إلى الريادة والاستقلال.

أحيي الأستاذ الدكتور أحمد الشنطي وأهنئ المكتبة العربية والسعودية خاصة بهذه الإضافة القيمة وأسأل الله تعالى تمام التوفيق للجميع.

والحمد لله رب العالمين.

دكتور محمد عبده يماني

أستاذ الجيولوجيا الاقتصادية

تقديم

تعتبر الثروة المعدنية من أهم الثروات الطبيعية التى أودعها الله في باطن الأرض، وكلف الإنسان ليكتشفها ويسخرها لخدمته ولبناء حضارته . . قال تعالى : (وأنزلنا الحديد فيه بأس شديد ومنافع للناس) (سورة الحديد - آية ٢٥) وقال تعالى : (يا أيها الذين آمنوا أنفقوا من طيبات ما كسبتم ومما أخرجنا لكم من الأرض) (سورة البقرة - آية : ٢٦٧).

ولقد حبى الله هذا البلد الطيب بثروة معدنية ثرّة متمثلة في كثير من المواقع المتمعدنة ، فلزية وغير فلزية ، إضافة إلى كميات هائلة من أحجار الزينة ، كالجرانيت والرخام وغيرهما موزعة في شتى نواحي المملكة .

وطوع يد القارئ الآن كتاب من بابين في عدة فصول تتناول باختصار الرواسب المعدنية في المملكة العربية السعودية من النواحي الجيولوجية ، ونشأتها وكيفية تكونها واقتصادياتها ومواقعها وأهم أماكن وجودها في العالم وغير ذلك من المعلومات الضرورية المستقاة من مراجعها الأساسية الصادرة عن المديرية العامة للثروة المعدنية وبعض الهيئات العلمية .

وقد قام بإعداد هذا الكتاب الأستاذ الدكتور أحمد محمود الشنطي الذى مارس العمل الجيولوجي في المملكة عمليا في مجال استكشاف الثروة المعدنية وفي مجال تدريس الجيولوجيا الاقتصادية مدة تزيد عن الخمسة وثلاثين عاما في كل من وزارة البترول والثروة المعدنية وكلية علوم الأرض بجامعة الملك عبدالعزيز .

وإنني حريص وأنا أقدم هذا الكتاب أن أتجنب عن قصد الإشارة إلى تفاصيل محتواه الزاخر بالمعلومات القيمة تاركا ذلك لحكم كل من يطلع عليه من المهتمين بعلوم الأرض وتطبيقاتها ومردوداتها الخيرة.

والله الموفق

إبراهيم بن أحمد خبيري

وكيل الوزارة للثروة المعدنية

شكر

يسعدني أن أتقدم بالشكر الى الاستاذ الدكتور محمد عبده يماني الذي شجعني على إنجاز هذا المرجع ، وقدم تصديرا له ، وإلى الأستاذ الدكتور عبدالعزيز عبدالقادرحسين من هيئة المساحة الجيولوجية المصرية الذي راجع القسم الأكبر من الكتاب وقدم مقترحات بناءة أثناء إعداده. كما لا أنسى أن أقدم شكري للأستاذين الدكتور غيث محمد غيث من جامعة بوسطن والدكتور محمد الشرقاوي من جامعة القاهرة اللذين قيما الكتاب وحكّماه وأبديا بعض الملاحظات البناءة عليه .

كما أقدم شكري للأستاذ ابراهيم خبيري وكيل الوزارة للثروة المعدنية الذي قدَّم للكتاب ووافق على نشره ، وكذلك للدكتور محمد أسعد توفيق الوكيل المساعد للثروة المعدنية الذي اطلع على مسودة الكتاب وأبدى ملاحظات بناءة عليه .

هذا كما أتقدم بالشكر إلى الدكتور محمد أمين مرغلاني على ما أبداه من تشجيع لإخراج هذا العمل على هذا النحو الطيب ، وكذا أقدم شكري للأستاذ فؤاد عبدالعال مدير إدارة النشر في مركز النشر العلمي في الجامعة والذي قام بإجراء تعديلات بناءة على أسلوب صياغة الكتاب في مختلف مراحل نشره .

وأقدم شكري وإمتناني إلى كل من ساهم في إنجاز الكتاب إلى إن ظهر للوجود .

والله أسأل أن يجزيهم جميعا خير الجزاء .

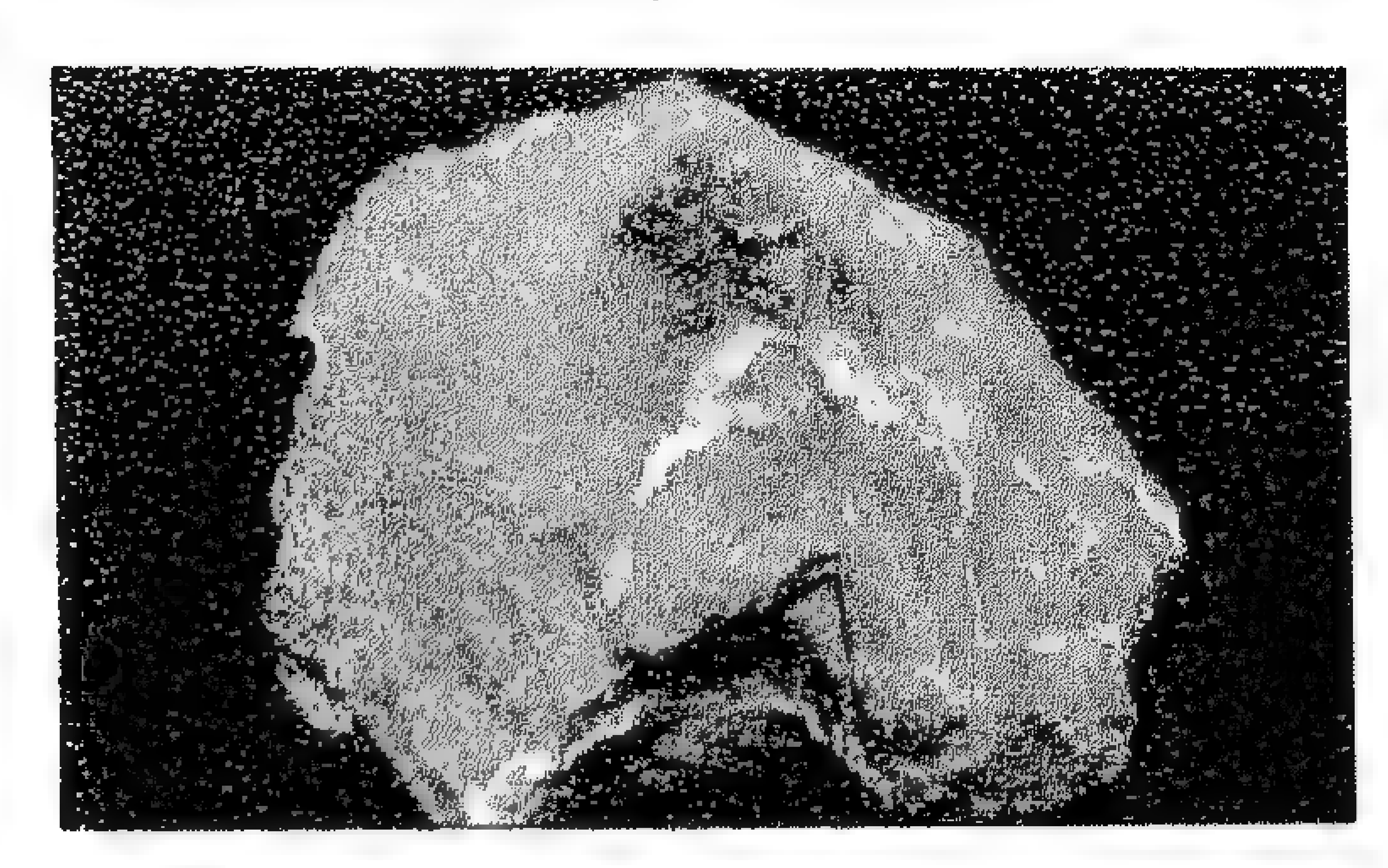
قائمة الإختصارات

Abbreviations Used in the Book

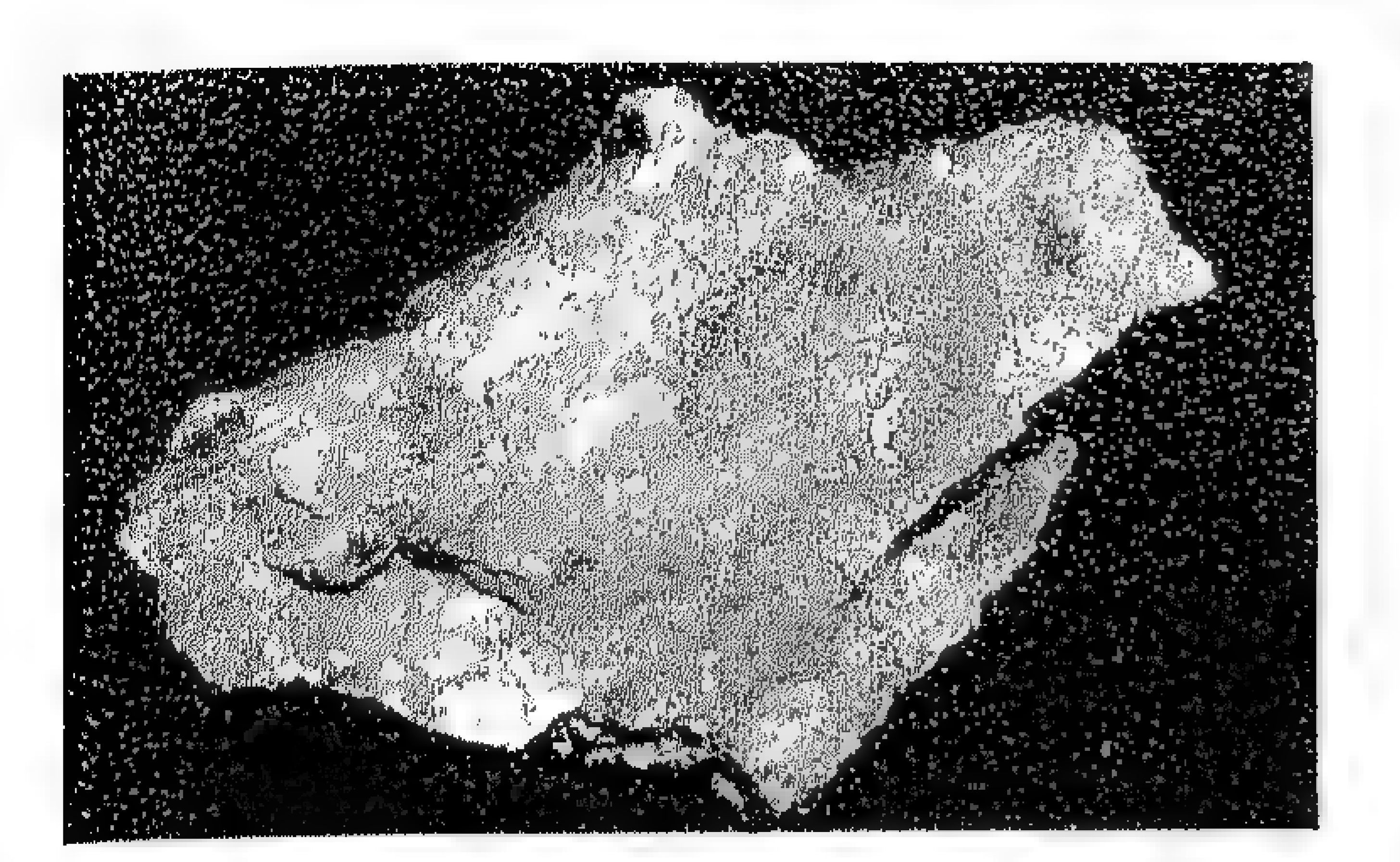
ASTM	American Society for Testing & Materials	الجمعية الأمريكية للمعايرة والمواد
BIF	Banded Iron Formation	مكونات الحديد الشريطية
BRGM	Bureau de Recherches Geologiques et Minieres, Saudi Arabian Mission	مكتب الأبحاث الجيولوجية والتعدينية ، بعثة العربية السعودية
DGMR	Directorate General of Mineral Resources	المديرية العامة للثروة المعدنية
DMMR	Deputy Ministry for Mineral Resources	وكالة الوزارة للثروة المعدنية
DTA	Differential Thermal Analysis	التحليل الحراري التفاضلي
FES	Faculty of Earth Sciences	كليـــة عـــلوم الأرض
IAG	Institute of Applied Geology	معهد الجيولوجيا التطبيقية
KACST	King Abdulaziz City for Science and Technology	مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
KAU	King Abdulaziz University	جامعة الملك عبد العزيز
KSA	Kingdom of Saudi Arabia	المملكة العربية السعودية
PETROMIN-GRANGEZ	Organization of Petroleum & Minerals, Sweedish Mineral Exploration Company	مؤسسة البترول والمعادن ، شركة تنقيب سويدية
PREUSSAG	German Mineral Exploration Company	برويساج ، شركة تنقيب معدنية ألمانية
RF	Riofinix Geological Mission	بعثة ريوفينكس الجيولوجية
SAMS	Saudi Arabian Mining Syndicate	نقابة التعدين العربية السعودية
USGS	United States Geological Survey, Saudi Arabian Mission	المساحة الجيولوجية الأمريكية ، بعثة العربية السعودية

شرح صور الغلاف

(١)



(٢)

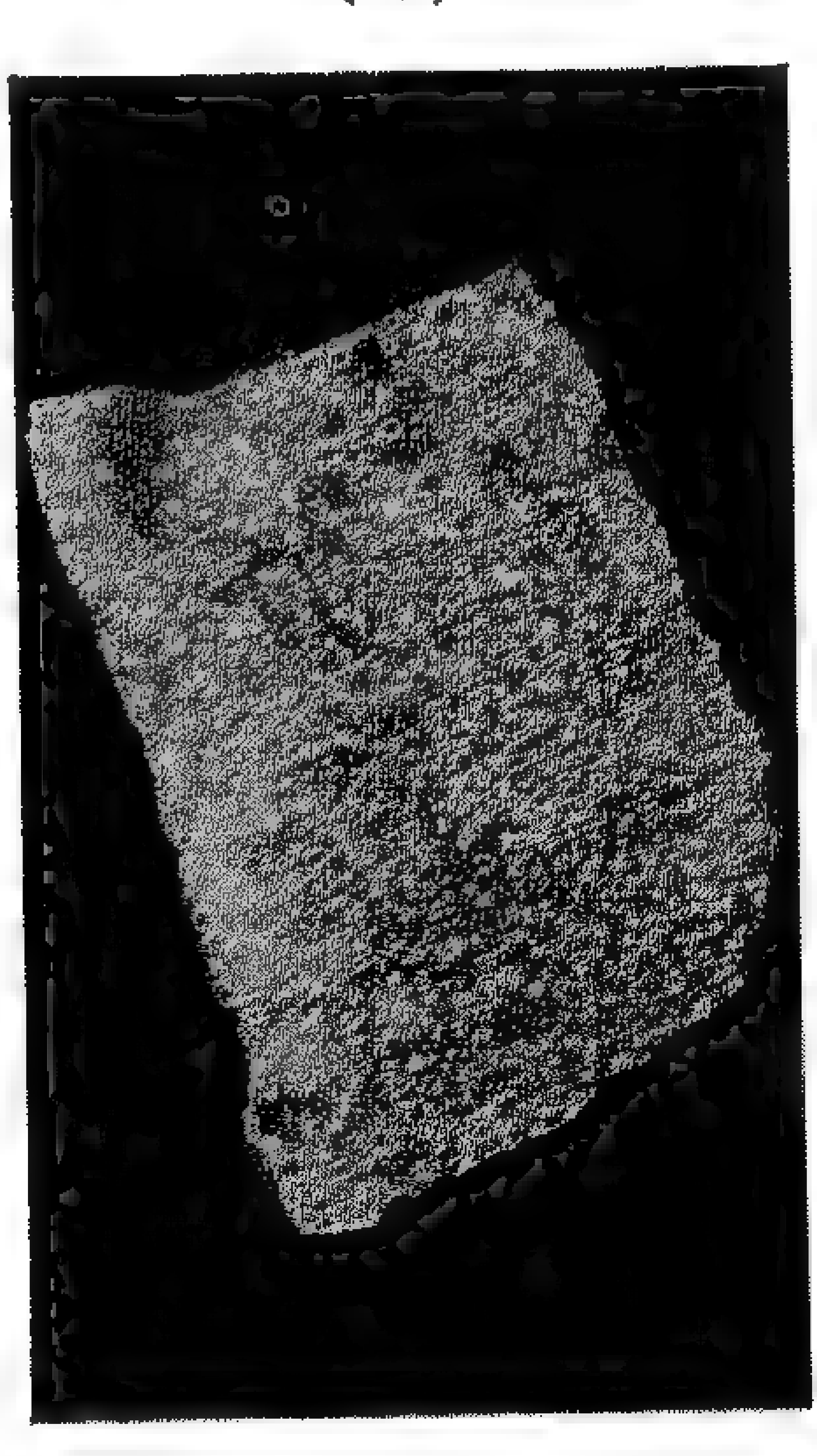


(٣)





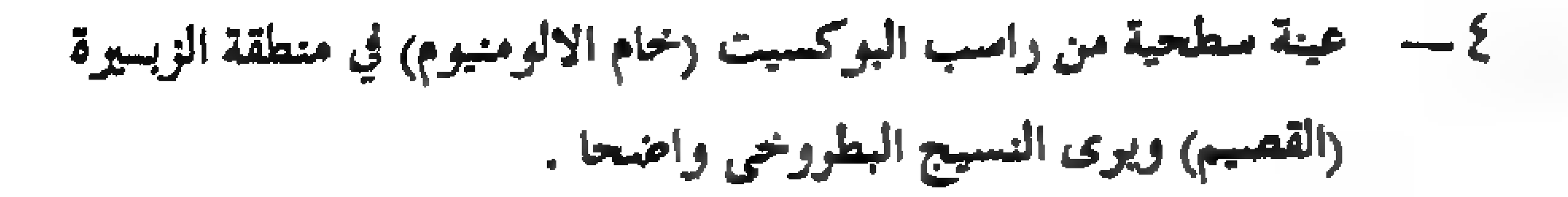
(٤)



١ ــ عينة متمعدنه مــن منجم مهد الذهــب لخام الذهب . يوضح اللون البنّي معادن كبريتيدات الزنك والحديد والرصاص كمــا ترى بعض عروق المرو الصغيرة (البيضاء) قاطعة للتمعدن .

٢ ــ عينه سطحية متمعدنه من راسب النحاس في جبل صايد مؤكسدة الى الملاكيت والكريزوكلا.

٣ــ عينة سطحية متمعدنه مــن راسب حديد الصواوين ، لاحظ التطبيق الدقيق بين معادن الحديد والجاسبـــــــــر



٤ ــ عينة سطحية من راسب البوكسيت (خام الالومنيوم) في منطقة الزبيرة (القصيم) ويرى النسيج البطروخي واضحا .

المحتويات

	صفحة
تصدير	هـ
تقديم	ط
شكر	ك
قائمة الاختصارات	م
صور الغلاف	ن
مقدمة	١
● الباب الأول : الرواسب المعدنية الفلزية	٧
مدخل	٩
الفصل الأول : الفلزات النفيسة	١١
الذهب	١١
الفضة	٣٠
عناصر مجموعة البلاتين	٤٣
الفصل الثاني : الفلزات غير الحديدية	٤٧
النحاس	٤٧
الزنك والرصاص	٩٧
القصدير	١٠٨
الألومنيوم	١١٢
الفصل الثالث : الحديد والفلزات الحديدية	١١٧
الحديد	١١٧
المنجنيز	١٤٠
النيكل	١٤٢

صفحة

الكروم ١٤٥
التنجستين ١٥٣
الموليبدنم ١٥٧
الفاناديوم ١٦٠
الكوبلت ١٦١
الفصل الرابع : الفلزات ضئيلة المقدار واللافلزات المصاحبة ١٦٣
التنتالم والنيوبيوم ١٦٤
التيتانيوم ١٧٠
العناصر الأرضية النادرة ١٧٤
اليورانيوم ١٧٥
الثوريوم ١٧٧
الزركونيوم ١٧٨
البريليوم ١٨٠
الليثيوم ١٨١
المغنيسيوم ١٨٣
الأنتيمون ١٨٤
الزرنيخ ١٨٥
البزموث ١٨٦
الكادميوم ١٨٧
الزئبق ١٨٨
● الباب الثاني : الرواسب المعدنية اللافلزية ١٩١
مدخل ١٩٣
الفصل الأول : مواد الطاقة ١٩٥
الفحم ١٩٥
طفال الزيت ١٩٧
الفصل الثاني : مواد الصناعات الخزفية ١٩٩
الفلسبار ١٩٩

صفحة

البوكسيت ٢٠٢
الصلصال ٢٠٢
الفصل الثالث : مواد الإنشاء والتشييد ٢٠٥
المواد الركامية ٢٠٥
مواد صناعة الأسمنت ٢٠٦
الجبس والأنهيدريت ٢٠٨
مواد العزل الحراري والصوتي ٢٠٩
الفصل الرابع : المواد الميتاليرجية المقاومة للصهر الصاهرة ٢١٣
الفلوريت ٢١٣
الجرافيت ٢١٨
الجير والحجر الجيري ٢١٩
المجنيزيت ٢٢٠
الفصل الخامس : المعادن والمواد الصناعية ٢٢٥
الأسبستوس ٢٢٥
رمل الزجاج ٢٢٨
الميكا ٢٢٩
التلك ٢٣٠
الباريت ٢٣٢
البنتونيت ٢٣٤
الفصل السادس : معادن الصناعات الكيميائية ٢٣٩
الهاليت (ملح الطعام) ٢٣٩
أملاح البوتاسيوم ٢٤١
الكبريت ٢٤٢
الفوسفات ٢٤٣
الفصل السابع : موادالصقل والتلميع ٢٤٩
المواد العالية الرتبة ٢٥٠
المواد السيليسية ٢٥٠

صفحة

مواد الصقل والتلميع اللينة ٢٥٠

الفصل الثامن : أحجار الزينة ٢٥٣

الجرانيت ٢٥٤

الرخام ٢٥٤

الحجر الجيري ٢٥٥

الحجر الرملي ٢٥٥

الإردواز ٢٥٥

الحجر الأخضر ٢٥٥

أحجار الزينة في المملكة العربية السعودية ٢٥٦

جرانيت يارا الرمادي (جرانيت ينبع الرمادي) ٢٥٦

جرانيت ود الرمادي (جرانيت الطائف الوردي) ٢٥٦

جرانيت الجموم الوردي ٢٥٨

جرانيت النجوف القرمزي الوردي (جرانيت نجران الوردي القاتم) ٢٥٨

جرانيت الحمرة الوردي الرصاصى (جرانيت أبها الأحمر) ٢٥٨

جرانيت القزاز الأحمر البنى ٢٥٨

جرانيت بير عسكر البنى (جرانيت نجران البنى) ٢٥٨

جابرو النعيم الأسود ٢٥٩

أنورثوزيت وادى خمال (أنورثوزيت ينبع) ٢٥٩

حجر جيرى الرياض (حجر الرياض) ٢٥٩

رخام فرسان الأبيض ٢٥٩

رخام المدركة الرمادى الوردي ٢٦٠

رخام فاطمة الرمادي البني (رخام وادي فاطمة الرمادي) ٢٦٠

رخام تربة الوردي (رخام تربة) ٢٦٠

رخام خانوقة الرمادى (رخام خانوقة) ٢٦٠

رخام غزلان الرمادى ٢٦١

رخام الخوار الأسود (رخام الخوز) ٢٦١

الفصل التاسع : الأحجار الكريمة ٢٦٣

صفحة

● قائمة الاختصارات ٢٧١
● المراجع ٢٧٩
● ثبت المصطلحات ٢٧٩
عربي - إنجليزي ٢٨٥
إنجليزي - عربي ٢٩١
● كشاف المؤلفين ٢٩٥
● كشاف المواقع ٢٠٩
● كشاف الموضوعات ٣٠٠

قائمة الأشكال

صفحة

شكل (١) خريطة توضّح أهم مواقع تمعدن الفلزات النفيسة والفلزات غير الحديدية في المملكة العربية السعودية ٤

شكل (٢) أ - خريطة جيولوجية لموقع تمعدن منجم مهد الذهب ١٥
ب - مقطع جيولوجي A - B في موقع تمعدن منجم مهد الذهب ١٥

شكل (٣) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الأمار . معدلة من Delfour (1983) ٢٣

شكل (٤) أ - خريطة جيولوجية لمواقع تمعدن الصخيبرات ٢٥
ب - مقطع جيولوجي في الصخيبرات الشرقية ٢٥
جـ - مقطع جيولوجي في الصخيبرات الغربية ٢٥
تقرير Petromin - Boliden (1989)

شكل (٥) خريطة جيولوجية عامة لمنطقة وادي شواص تبين مواقع التمعدن المختلفة . معدلة من Fujii an kato (1979) ٢٦

شكل (٦) أ - خريطة جيولوجية توضّح موقع تمعدن الحجار - وادي شواص . معدلة من Fujii *et. al* (1973) ٢٨

شكل (٧) أ - خريطة جيولوجية توضح مواقع المناجم القديمة لتمعدن الذهب في حزام جبل إشماس - وادي تثليث في درز نبيطة . لاحظ موقع منجم أمطيرة في شمال الخريطة . معدلة من worl (١٩٧٩) ٣١
ب - خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الذهب في أمطيرة ٣٢
جـ - قطاع جيولوجي عبر التمعدن ممثلا بثلاثة آبار . معدلة من Hacket (1982) , Greene (1982) ٣٢

شكل (٨) خريطة جيولوجية تركيبية عامة لمواقع تمعدن الفضة في الدوادمي . معدلة من Al Shanti (1976) ٣٨

شكل (٩) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن سمرة - الدوادمي . مبسطة عن Al Shanti (1976) ... ٤٠

صفحة

شكل (١٠) خريطة جيولوجية على سطح مائل ٥٠ درجة غرباً عن المستوى الأفقي لتمعدن النقرة الجنوبية. معدلة من Delfour (1983) ٤٣

شكل (١١) أ - خريطة جيولوجية لموقع تمعدن النحاس في جبل صايد ٥٣
ب - مقطع تخطيطي يوضح تمنطق التمعدن في جبل صايد. معدلة من Bowden and Smith (1981), Sabir (1975) ٥٣

شكل (١٢) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الشزم. معدلة من Shanti (1982) ٥٦

شكل (١٣) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن أم الشلاهيب. معدلة من Brosset (1972 b) ٥٩

شكل (١٤) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن أم الدمار الشمالية. معدلة من Duhamel (1971) ٦١

شكل (١٥) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن النحاس في مصينعة الشمالية معدلة عن Tayib and Al Shanti (1983) ٦٣

شكل (١٦) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن وادى صعدة - المصانع . معدلة من Elsass *et. al.* (1983) ٦٥

شكل (١٧) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن النحاس في منطقة الصفرة . معدلة من El-Mahdy (1980) ٦٨

شكل (١٨) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الجدمة - منطقة وادى شواص. معدلة من Fujii and Kato (1979) ٧١

شكل (١٩) أ - خريطة توضح مواقع التمعدن في منطقة وادي بيدة ٧٣
ب - خريطة جيولوجية لموقع تمعدن ريذان الجنوب ٧٣
معدلتان من Jackaman (1972) .

صفحة

شكل (٢٠) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن شعب الطير بوادى بيدة . معدلة من Earhart and Mawad (1970) ٧٧

شكل (٢١) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن قهاب في منطقة وادى بيدة. معدلة من Earhart and Mawad (1970) ٧٨

شكل (٢٢) خريطة جيولوجية توضح مواقع التمعدن في كل من وادى بيدة ومنطقة المحاوية . معدلة من Cater and Jhonson (1987) ٨١

شكل (٢٣) خريطة جيولوجية توضح مواقع التمعدن في منطقة وادي يبا ٨٧

شكل (٢٤) خريطة جيولوجية لتمعدن وادي يبا . معدلة من Earhart (1968) ٨٨

شكل (٢٥) خريطة البحر الأحمر توضح موقع منخفض أطلنطس ٩٣

شكل (٢٦) خريطة منخفض أطلنطس المتمعدن مبينٌ عليها الأعماق بالأمتار . معدلة من Backer and Richter (1973) ٩٤

شكل (٢٧) منحني مع جدول توضيحي لمنطقة تمعدن أطلنطس – البحر الأحمر . معدلة من Backer (1976) ٩٥

شكل (٢٨) أ – خريطة جيولوجية لمواقع تمعدن الزنك في منطقة الخنيقية ١٠٢

ب – مقطع جيولوجي A - A يوضح الوضع الجيولوجي والتكتوني للمنطقة . معدلة من Testard *et. al.* (1980) ١٠٢

شكل (٢٩) خريطة جيولوجية لتمعدن الردينية في منطقة الدوادمي . مبسّطة عن Al Shanti (1976) ١٠٥

شكل (٣٠) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الشعيب . معدلة من Allcot (1969) ١٠٧

صفحة

شكل (٣١) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن القصدير والتنجستن في معقد السلسلة الحلقي. معدلة من Du Bray *et. al.* (1984) ١١١

شكل (٣٢) أ - خريطة جيولوجية مبسطة لتمعدن البوكسيت في منطقة الزبيرة ١١٥

ب - مقطع جيولوجي يوضح تطبق تمعدن البوكسيت من الجنوب للشمال معدلة من Black *et. al.* (1982) ١١٥

شكل (٣٣) خريطة توضح أهم مواقع تمعدن الحديد والفلزات الحديدية في المملكة العربية السعودية . . ١٢٢

شكل (٣٤) خريطة جيولوجية ومقطع تخطيطي لمواقع تمعدن الحديد المغناطيسي في جبل إدساس. معدلة من Ashworth and Abdul Aziz (1978) ١٢٤

شكل (٣٥) خريطة جيولوجية مبسطة لمواقع تمعدن المجنيتيت التيتاني في معقد وادي حيّان - وادي قبقب القاعدي. معدلة من Igarashi (1970) ١٢٦

شكل (٣٦) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن وادي خمال (كمال). معدلة من Chevremont and Johan (1981) ١٢٨

شكل (٣٧) خريطة تبين مواقع تمعدن الحديد في منطقة الصواوين. معدلة من British Steel Corporation (1981). ١٣١

شكل (٣٨) خريطة جيولوجية لمنطقة رواسب الحديد في وادي الصواوين. معدلة من شركة British Steel Corporation (1981) ١٣٢

(شكل (٣٩) أ - خريطة جيولوجية للراسب رقم ٣ من رواسب حديد الصواوين ١٣٣

ب - عامود تطبقي لمتكون السليسية يوضح التتابع الصخري والسمك. معدلة من شركة British Steel Corporation (1981) ١٣٣

شكل (٤٠) خريطة جيولوجية لمنطقة رقم - ١ - السليكية - لرواسب الحديد في منطقة وادي فاطمة. معدلة من Al Shanti (1966) ١٣٦

صفحة

شكل (٤١) أعمدة طباقية لمتكون الشميسي في ثلاث مناطق ، السليكية ، الشميسي ، ووادي الكر ، يوضح الاختلافات في سمك طبقات الحديد وغيرها. معدلة من Al Shanti (1966) ١٣٧

شكل (٤٢) مواقع وجود تمعدن الكروميت (C r) والأسبستوس (Asb) في الدرع العربي ١٤٧

شكل (٤٣) خريطة جيولوجية لمواقع تمعدن الكروميت في منطقة العيس. معدلة من Al Shanti & El Mahdy (1989) ١٤٨

شكل (٤٤) خريطة جيولوجية لمواقع الكروميت في منطقة جبل إس -جبل العويند. معدلة من Al Shanti & El Mahdy (1989) ١٥١

شكل (٤٥) أ - خريطة جيولوجية مبسطة لموقع تمعدن التنجستن في بدع الجملة ١٥٥
ب - مقطع جيولوجي في بدع الجملة ، معدلة من Lofts (1982) ١٥٥

شكل (٤٦) خريطة توضح مواقع تمعدن الفلزات ضئيلة المقدار واللافلزات المصاحبة في المملكة العربية السعودية ١٦٧

شكل (٤٧) أ - خريطة جيولوجية لجسم البجماتيت - ابليت المشع في جبل صايد ١٦٩
ب - مقطع جيولوجي عبر ثلاث آبار مائلة في نطاق التمعدن المشع . معدلة من Hacket (1985). ١٦٩

شكل (٤٨) أ - خريطة جيولوجية لمتمد المجاردة الحلقي ١٧٢
ب - خريطة مفصلة لمواقع تمعدن المجنيتيت التيتاني في جبل جمّا في المعقد، معدلة من Al - Koulak (1985) ١٧٢

شكل (٤٩) أ - خريطة جيولوجية لتمعدن البريليوم في جبل طربان ١٨٢
ب - مقطع جيولوجي في جبل طربان. معدلة من Jackson (1986 a) ١٨٢

شكل (٥٠) خريطة توضح بعض مواقع وجود مواد الصناعات الخزفية ومواد الإنشاء والتشييد في

صفحة

المملكة العربية السعودية ٢٠١

شكل (٥١) خريطة توضح أهم مواقع وجود المواد الميتاليرجية والمقاومة للصهر والصاهرة والمعادن والمواد الصناعية ومعادن الصناعات الكيميائية في المملكة العربية السعودية ٢١٦

شكل (٥٢) أ - خريطة جيولوجية لتمعدن المجنيزيت في منطقة ظرغط . معدلة من Delfour (1970) ٢٢١

ب - مقطع جيولوجي تخطيطي عبر المتكون الحاوي لتمعدن المجنيزيت ٢٢١

شكل (٥٣) خريطة جيولوجية لتمعدن المجنيزيت في جبل رخام. معدلة من Bokhari (1979) . ٢٢٣

شكل (٥٤) خريطة جيولوجية عامة لتمعدن الباريت في منطقة أم جراد (رابغ). معدلة من Al Shanti (1970) ٢٣٥

شكل (٥٥) خريطة جيولوجية مفصلة لأحد عروق الباريت المركبة مع قطاعين تخطيطيين في العرق . لاحظ تمعدن الباريت في الشقوق والصدوع . معدلة من Al Shanti (1970) .

شكل (٥٦) خريطة جيولوجية عامة توضح مواقع تمعدن البيريت في وادي وسط . معدلة من Roberts (1981) ٢٤٤

شكل (٥٧) خريطة جيولوجية عامة توضح مواقع رواسب الفوسفات في منطقة وادى السرحان - طريف ٢٤٦

شكل (٥٨) خريطة توضح بعض أهم محاجر أحجار الزينة والرخام في المملكة العربية السعودية . . ٢٥٧

مقدمة

عندما أوكل إلى تدريس هذه المادة العلمية لطلاب قسم الجيولوجيا الاقتصادية في كلية علوم الأرض، تلمست الحاجة إلى كتاب مرجع باللغة العربية يتناول شرحًا عن الرواسب المعدنية في المملكة العربية السعودية. وحينها بدأت في جَمْع ما يغطي متطلبات هذه المادة ويقدم للطالب نبذة متكاملة عن المواقع المتمعدنة في المملكة، وأنواعها، ومواقعها، وجيولوجيتها، وأصل نشأتها، واقتصادياتها وأهميتها للصناعة وغير ذلك. وقد تم ذلك بحمد الله، ورُفعت مسودة الكتاب من الكلية إلى المجلس العلمي في شعبان من عام ١٤١٠ هجرية لإجراء اللازم نحو نشره. وها هو الآن وبعد مضي فترة ليست بالقصيرة ظهر إلى الوجود بفضل من الله. وإني لأرجو الله أن تكون فيه الفائدة المرجوة لطلاب الجيولوجيا والجيولوجيين في هذه المملكة الحبيبة.

ونعود إلى موضوع الكتاب.

تشكل الرواسب المعدنية الدعامة الكبرى لمختلف أنواع الصناعة والاستعمالات البشرية التي لا حصر لها بل وتعتمد عليها رفاهية الإنسان وحضارته في شتى مجالات حياته.

توجد هذه الرواسب عادة على سطح الأرض وبين طبقاتها المختلفة ، في أنواع

كثيرة من الصخور التي تشارك في تكوين القشرة الأرضية. وفي المملكة العربية السعودية وجد الكثير من الرواسب المعدنية، التي هى موضوع هذا الكتاب، الذي يقدم للجيولوجي ولطالب الجيولوجيا فكرة واضحة عنها، وعن الصخور الحاوية لها، وتكوّنها، والمؤثرات والعوامل الجيولوجية التى أثرت عليها سلبا بتشويهها وزحزحتها، أو إيجابا بإثرائها وتجميعها فى أماكن يمكن استغلالها اقتصاديا منها.

ويعود النشاط التعديني في شبه الجزيرة العربية إلى ما قبل ثلاثة آلاف عام، أى إلى زمن حكم سيدنا سليمان عليه السلام (٩٦١ - ٩٢٢ سنة ق. م) (Smith et. al. 1984). وقد بلغ النشاط التعديني ذروته في الفترة التى تلت انتشار الإسلام وخاصة أيام الخلافة الأموية، وأوائل الخلافة العباسية (٧٥٠ - ١٢٥٨م) إذ امتد هذا النشاط إلى شبه الجزيرة العربية والعراق وسوريا (Smith *et. al.* 1984). وما المناجم القديمة في الدرع العربي إلا الدليل الواضح على انتشار التعدين في هذه الفترة، حيث التوسع الهائل فى أعمال الحفر في كل مكان وجدت فيه شواهد للتمعدن، وخاصة الدالة على وجود الذهب والفضة والنحاس. وقد خلف الأقدمون وراءهم المئات من مواقع المناجم القديمة، الممثلة بالخنادق والآبار وأكوام النفايات والخبث والقرى المهدمة. وفي بعض هذه المواقع، خاصة تلك الغنية بالذهب والفضة، مثل منجم مهد الذهب، ترك القدماء ما يزيد على مليون طن من أكوام النفايات المستخرجة من المنجم ونزلوا إلى عمق ٨٥ متراً تحت سطح الأرض، إلى أن وصلوا إلى منسوب الماء الأرضي، ثم توقفوا لعدم استطاعتهم التخلص من الماء بالطرق المتاحة لديهم حينذاك. وكذلك الحال في منجم سمرة، جنوب مدينة الدوادمي حيث وصلوا إلى مستوى الماء الأرضي أثناء تعدينهم للفضة، وتوقفوا عند ذلك. والأمر مماثل في مناجم كثيرة مثل أم الدمار، والمصينعة، والنقرة والصفرة، وغيرها (شكل ١).

أما الفترة التى تلت صدر الإسلام والخلافة العباسية، فهي فترة التعدين التي جاءت مع ولادة المملكة العربية السعودية، حيث اهتم جلالة الملك عبدالعزيز آل سعود رحمه الله بتنمية هذه الثروة. وكان من نتيجة ذلك قيام نقابة التعدين العربية السعودية (SAMS) بإعادة فتح منجم مهد الذهب واستغلاله، وفتح منجم ظلم. فمن منجم مهد الذهب، وفي الفترة ما بين ١٩٣٩م و١٩٥٤م، أمكن استخراج ٢٣ طنًا ذهبًا و٣١

طنًا فضة . استخلص حوالي ٢٥٪ من هذا الإنتاج من أكوام النفاية التي تركها الأقدمون . (Luce *et. al* 1975) إذ لم تكن لديهم الوسائل الناجحة لاستخلاص كل الذهب والفضة من الصخر .

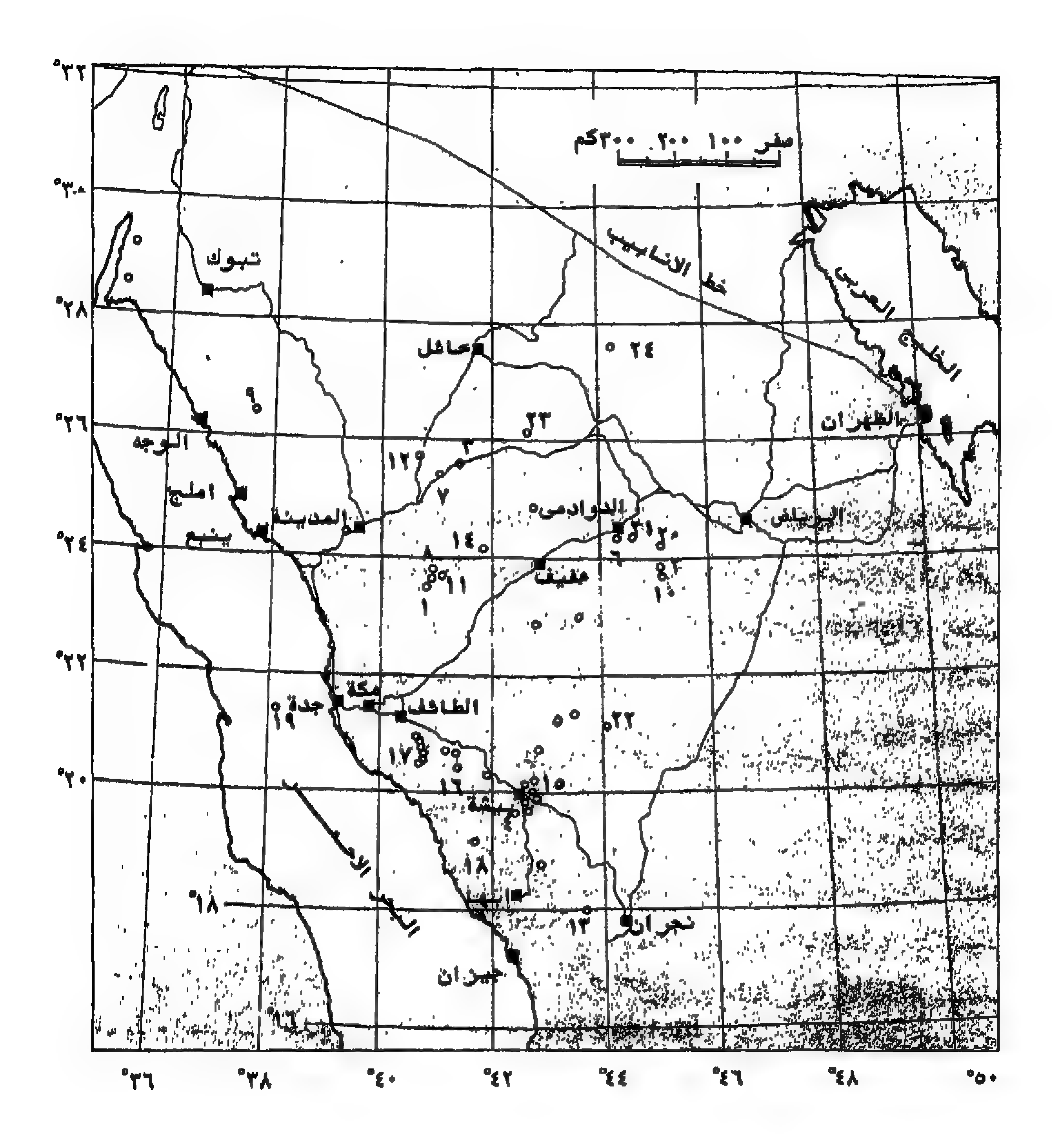
أما منجم ظلم فقد تبيّن بعد بدء تشغيله أن التمعدن في الموقع غير اقتصادي ، لذا أوقف العمل به بعد فترة قصيرة . وفي نفس الفترة الزمنية (١٩٣٣م) اكتشف البترول في المملكة العربية السعودية ، فكان اكتشافه بها فاتحة خير وبركة .

وقد اهتمت المملكة العربية السعودية منذ نشأتها بالبحث والتنقيب عن الرواسب المعدنية في المملكة ، وأنفقت المبالغ الطائلة في هذا الشأن ، لاقتناعها بأن أرضها تحتوي على العديد من الرواسب التي يمكن تنميتها والاستفادة منها اقتصاديا .

وعندما نتعرض لدراسة الرواسب المعدنية في إقليم ما ، نحاول دائما أن نضع تقسيما معينا يشكل الإطار الذي نقدم من خلاله هذه الدراسة . وفي هذا الكتاب استقر الرأى على اتباع التقسيم الذى سار عليه جنسن وبيتمان (Jensen and Bateman 1981) . حيث يُقسّم الرواسب المعدنية إلى فلزية وغير فلزية كما يلى :

الباب الأول : الرواسب المعدنية الفلزية Metallic Mineral Deposits

- الفلزات النفيسة Precious Metals
  الذهب – الفضة – عناصر مجموعة البلاتين .
- الفلزات غير الحديدية Nonferrous Metals
  النحاس – الزنك والرصاص – القصدير – الألومنيوم .
- الحديد والفلزات الحديدية Iron and Ferroally Metals
  الحديد – المنجنيز – النيكل – الكروم – التنجستن – الموليبدنم – الفاناديوم – الكوبلت .
- الفلزات ضئيلة المقدار واللافلزات المصاحبة Minor Metals and Related Nonmetals .
  التنتالوم والنيوبيوم – التيتانيوم – العناصر الأرضية النادرة – اليورانيوم – الثوريوم – الزركونيوم – البريليوم – الليثيوم – المغنيسيوم – الأنتيمون – الزرنيخ – البزموث – الكادميوم – الزئبق .



شكل (١) خريطة توضّح أهم مواقع تمعدن الفلزات النفيسة والفلزات غير الحديدية في المملكة العربية السعودية .

تابع شكل ١ – مواقع الفلزات النفيسة والفلزات غير الحديدية

الفلزات النفيسة	
الذهب	**الفضة**
١ – مهد الذهب	٦ – سمره
٢ – الأمـار	٧ – النقرة
٣ – الصخيبرات	
٤ – الحجـار	
٥ – أمطيرة	
الفلزات غير الحديدية	
النحاس	**الزنك والرصاص**
٨ – صايد	٢٠ – الخنيقية
٩ – الشزم	٢١ – الردينية
١٠ – أم الشلاهيب	٢٢ – الشعيب
١١ – أم الدمار	
١٢ – المصينعة	**القصدير**
١٣ – المصانع	٢٣ – السلسلة
١٤ – الصفرة	
١٥ – وادى شواص	**الألومنيوم**
١٦ – وادي بيدة	٢٤ – الزبيرة
١٧ – المحاوية – الباحة	
١٨ – وادى بيا	
١٩ – أطلنطس	

الباب الثاني الرواسب المعدنية اللافلزية Nonmetallic Mineral Deposits

- مواد الطاقة .
- مواد الصناعة الخزفية .
- مواد الإنشاء والتشييد .
- المواد الميتاليرجية والمقاومة للصهر والصاهرة .
- المعادن الصناعية .
- معادن الصناعات الكيماوية .
- مواد الصقل والبري .
- أحجار الزينة .
- الأحجار الكريمة .

وفي التناول التالى لأهم الخامات المعدنية في المملكة سنعرض للموجود منها حسب الترتيب السابق .

ويبين (شكل ١) أهم مواقع تمعدن الفلزات النفيسة والفلزات غير الحديدية في المملكة العربية السعودية ، أما باقي أنواع الرواسب المعدنية فستوضح مواقعها على خرائط مشابهة عند تناول شرح تلك الرواسب في صلب الكتاب .

الباب الأول

الرواسب المعدنية الفلزية

Metallic Mineral Deposits

n مدخل n الفلزات النفيسة n الفلزات غير الحديدية n الحديد والفلزات الحديدية n الفلزات ضئيلة المقدار واللافلزات المصاحبة .

مدخل

تكثر مواقع الرواسب المعدنية الفلزية في صخور الدرع العربي، وطبقا للمفاهيم الميتالوجينية الحديثة تتميز صخور معينة بصحبة رواسب معينة، فمثلا يوجد الكروم وبعض رواسب النيكل في صخور البريدوتيت أو السربنتينيت المتحول عنه، وكذلك تصاحب رواسب القصدير والموليبدنم صخور الجرانيت، أما رواسب النحاس والزنك بالمملكة فتوجد مع الصخور البركانية أو الفتاتية بركانية الأصل ذات التركيب الحمضي أو المتوسط . . وهكذا.

وتتباين رواسب المعادن في المملكة في أشكالها وفي ظروف وأزمنة تكونها ، فهناك الرواسب الصهارية النشأة في الصخور النارية المتداخلة، والرواسب المتكونة في أنطقة التماس على حواف الأجسام المحقونة، وكذلك رواسب الكبريتيدات المتطبقة، والرواسب التي تتخذ شكل العروق، والرواسب المعدنية الرسوبية النشأة مثل رواسب الحديد والبوكسيت.

الفصل الأول

الفلزات النفيسة
Precious Metals

■ الذهب ■ الفضة ■ عناصر مجموعة البلاتين.

الذهب Gold (Au)

بلغ الإنتاج العالمي من الذهب حوالي ٤٠ مليون أوقية في السنة خلال الأعوام القليلة الماضية. وتأتي على رأس الدول المنتجة له جنوب إفريقيا (٦٥٪ من الإنتاج العالمي)، والاتحاد السوفيتي (١٣٪)، وكندا (٦٪)، والولايات المتحدة (٥,٣٪) (U.S.B.M. 1989).

والذهب فلز أصفر مميز اللون، كثافته ١٩,٣ جم/ سم^3 وهو فلز لين قابل للطرق والسحب مقاوم للتأكل والتأكسد. وأهم معادن الذهب الاقتصادية هي الذهب الطليق والإلكتروم (سبيكة من الذهب مع الفضة) مع كميات قليلة من تليريدات الذهب والملغم (خليط من الذهب والزئبق). وأهم المعادن الغثة المصاحبة للذهب هي الكوارتز، وأحيانا توجد أيضا معادن الكربونات أو التورمالين أو الفلوريت وغيرها.

ويوجد الذهب دائما مصاحبا للفضة في نفس الراسب، كما توجد كميات منه مصاحبة لرواسب الكبريتيدات الكتلية للنحاس والزنك والرصاص وغيرها.

الاحتياطيات الموجودة، والصورة الموجود عليها الفلز، وكذلك المعادن المصاحبة. وبصورة عامة، وتحت الظروف الاقتصادية السائدة تعتبر نسبة ٧-٩ جرام بالطن نسبةً تسمح بالاستخراج تحت الظروف الراهنة.

وترجع أهمية الذهب إلى استخداماته المهمة في النظام النقدي (كغطاء للعملة) وكذلك في أغراض الزينة (المصوغات والطلاء بالذهب) وطب الأسنان والصناعات الكيميائية، وحديثا في الأجهزة الإلكترونية وسفن الفضاء.

وتوجد رواسب الذهب في العديد من الصخور النارية والرسوبية والمتحولة وأهم الرواسب الحاوية له هى رواسب الحشو (fissure filling deposits) حيث يوجد مع الكوارتز في العروق وفي لحام البريشيا وغيرها من الفراغات، كما قد يوجد في نطاق التحول البيروميتاسوماتي (pyrometasomatic)، أو كتركيزات رسوبية في رواسب المراقد (النهرية أو الشاطئية) الحديثة (placers)، أو الأحفورية. وتنتج كميات كبيرة من الذهب كمنتج جانبي (by-product) عند معالجة رواسب النحاس البورفيري ورواسب الكبريتيدات الكتلية.

الذهب في المملكة العربية السعودية

يوجد الذهب في مناطق الدرع العربي بالمملكة - غالبا على هيئة عروق. وهناك حوالي ٨٠٠ موقع معروف للذهب مختلفة الرتبة والاحتياطيات، [نشرة المديرية العامة للثروة المعدنية رقم (٣)]، منها ٣١ موقعاً تحتوي على أكثر من ١٠٠٠ كيلو جرام من الذهب و٩٩ موقعاً تحوي ما بين ١٠٠ و ١٠٠٠ كيلو جرام وباقي المواقع ضئيلة الاحتياطي حيث يقل الإجمالي عن ١٠٠ كيلو جرام من الفلز لكل موقع، ويبين شكل (١) بعضا من أهم مواقع وجوده بالمملكة.

والمتتبع لتوزيع مواقع عروق الكوارتز الحاملة للذهب في المملكة يلاحظ تركز معظمها حول خط يتجه من الجنوب إلى الشمال في منتصف الدرع مابين نجران وظلم ثم حايل متطبقا إلى حد ما - مع درز نبيطة (Nabitah suture).

وهناك ما يدل على أنّ تعدين الذهب والفضة من عروق الكوارتز الحاملة لهما،

أو من هالات التغيير المصاحبة لهذه العروق من مواقع عديدة في المملكة العربية السعودية يعود إلى ما قبل الميلاد.

تميز تعدين الذهب بثلاث فترات من النشاط، في القرن ٢١ قبل الميلاد عندما كان ينقل الذهب المستخرج إلى العراق، وما بين ٩٦١ - ٩٢٢ق. م خلال حكم سيدنا سليمان عليه السلام، ثم خلال فترات متقطعة من حكم الدولة الأموية وأوائل حكم الدولة العباسية. وتوقف تعدين الذهب من المملكة لفترة حوالي ٧٠٠ سنة، إلى أن جاءت الدولة السعودية فاستُغل منجم مهد الذهب من ١٩٣٩ حتى ١٩٥٤م. ويعتقد بأن تعدين الفضة كان متأخراً عن الذهب. وقد أمكن التعرف باستخدام نظائر الكربون ١٤ من الفحم الموجود مع الخبث من بعض المناجم على أنّ تاريخ التعدين يرجع إلى الفترة من ٧٠٠ إلى ٧٢٦م.

وتقطع عروق الكوارتز الحاملة للذهب والفضة مختلف أنواع الصخور المتطبقة والمتداخلة في الدرع العربي. وتعتبر مناجم مهد الذهب والأمار والصخيبرات والحجار وأمطيرة من أهم المواقع الحاملة للذهب في المملكة حتى الآن، لذا سنعرض لها تفصيلا فيما يلي :

١) منجم مهد الذهب Mahd Adh Dhahab Mine

يقع منجم مهد الذهب على مسافة حوالى ٢٣٠ كم إلى الشمال الشرقي من جدة في صخور الدرع العربي. واستغل المنجم على فترات متقطعة في السابق فيما قبل الإسلام وفي زمن الخلافة العباسية، ويقدّر ما استخرج منه خلال الفترات السابقة بحوالى ٧٥٠,٠٠٠ أوقية من الذهب ومليون أوقية من الفضة. وكانت آخر فترات استغلاله فيما بين ١٩٣٩ و ١٩٥٤ بوساطة نقابة التعدين السعودية التى توقفت بسبب استنزاف الاحتياطيات المعروفة وقتئذ. وفي فترة لاحقة وضعت المديرية العامة للثروة المعدنية برنامجا للبحث والتنقيب بالمنطقة أدى إلى الكشف عن مزيد من الخام في منطقة مجاورة لمنطقة التعدين السابقة وهي التي أقيم عليها منجم الاستكشاف الجديد الذي قام جلالة الملك فهد بن عبدالعزيز حفظه الله بافتتاحه في العام ١٤٠٣هـ (١٩٨٣م) والمخطط له أن يعطي ٤٠٠ طن من الخام يوميا وذلك لإنتاج ٢,٩ طن من الذهب و١١

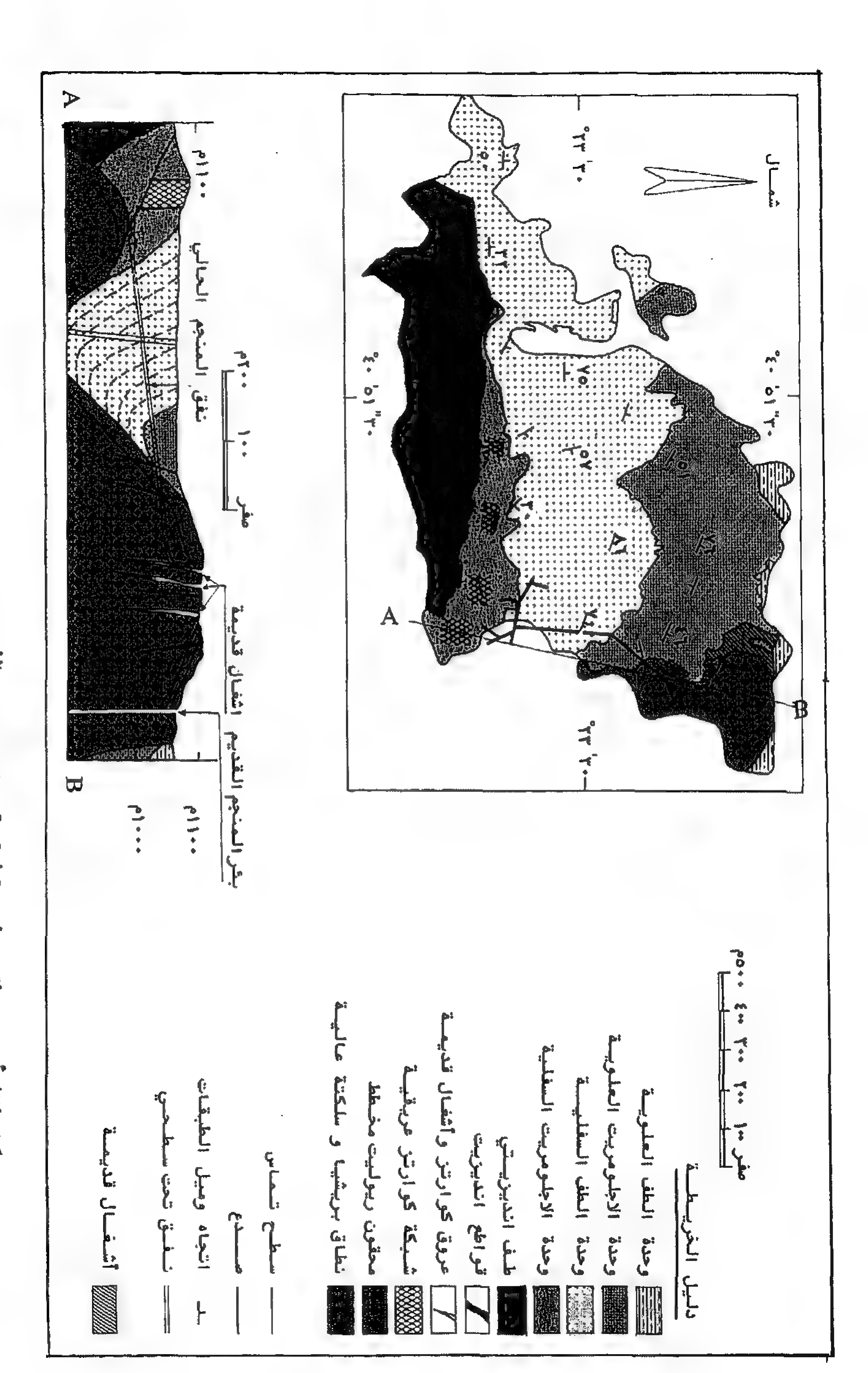
طن من الفضة سنوياولمدة عشر سنوات.

جيولوجية المنطقة : يوجد منجم مهد الذهب في تتابع من الصخور البركانية والفتاتية النارية (volcaniclastics) والرسوبية، أطلق عليها سابقا اسم تتابع المهد (Mahd Adh Dhahab Series) وأعاد كمب وزملاؤه (Kemp *et. al.* 1982) تسميتها بمجموعة المهد (Al-Mahd group) والتي يعتقد أنها توازي مجموعة الحليفة (Hulayfah group) . وقد تكوّن هذا التتابع فوق محقون من جرانيت - جرانوديوريت (ينكشف في جبل ذخر) مع وجود راقات من الرصيص أسفل التتابع على سطح الجرانيت تظهر منكشفة على بعد ١٢ كيلو مترًا إلي الجنوب الغربي من المنجم. يلي الرصيص تتابع من الصخور البركانية الرسوبية التي تتخللها فيوض بازلتية، ثم بركانيات أنديزيتية، وهذه الأخيرة تشكل قاعدة تتابع المهد (شكل ٢).

ويمكن تقسيم الصخور المتطبقة في جبل المهد إلى خمس وحدات كما اقترح لوس وزملاؤه) (Luce *et al.* 1975) ، تميل جميعها ميلا متوسط الدرجة (٢٠ْ - ٤٥ْ) إلى الشمال وتمتد من الشرق إلى الغرب بصفة عامة، وبالتالي تنكشف الوحدات الأقدم في الأجزاء الجنوبية من المنطقة، ويتكون التتابع بكامله من خليط من الفتات البركاني (pyroclastics) والفتات المنقول (epiclastics) مع وجود بعض الفيوض البركانية وطبقات الطَّف والبريشيا البركانية.

ويشتمل تتابع المهد على وحدة من الطَّف والفيوض الأنديزيتية تعلوها وحدة الأجلومريت الأسفل (lower agglomerate) ، ثم الطَّف الأسفل (lower tuff) فالأجلومريت الأعلى (upper agglomerate) ثم الطَّف الأعلى (upper tuff) (شكل ٢) (Luce *et. al.* 1975) . ويمكن تقسيم كل من هذه الوحدات إلى أقسام أصغر كما يلي:

الأجلومريت الأسفل يمكن تقسيمه إلى ثلاث وحدات : سفلى وأوسط وعلوي، يمكن التمييز بينها بسهولة في العينات اللُّبية، لكن التعرف عليها على السطح صعب نسبيا بسبب الركام الذي يغطي المنكشف. وحَدُّ التَّماس (contact) بين الأجلومريت الأسفل والطَّف الأسفل حدٌّ انتقاليٌ متدرج (gradational) حيث يغطي



شكل (٢) أ - خريطة جيولوجية لموقع تعدين منجم مهد الذهب .
ب - مقطع جيولوجي في موقع A - B تعدين منجم مهد الذهب معدلة من Luce et.al.(1975)

نطاقا واسعا، يتداخل فيه الأجلومريت مع الطّف اللُّوَيبي (lapilli tuff) والطّف الكتلي(massive tuff)، وعلى العكس من ذلك يكون حد التماس بين الطف الأسفل وما يعلوه من وحدة الاجلومريت الأعلى حادا (sharp) ليس فيه تدرج أو تداخل بين الوحدتين.

وتقسم وحدة الأجلومريت الأعلى (upper agglomerate) إلى وحدتين: سفلى من الطف البلوري الصخري الأجلومريتي (agglomerate crystal lithic tuff) يتدرج إلى أجلومريت، وعلوي من الأجلومريت الرصاصي اللون. تتوافق وحدة الطّف البلوري مع ما تحتها من الطّف الأسفل، وتتكون أجزاؤها السفلية بصفة رئيسة من صخر فتاتي - بركاني مافيٌّ داكن (mafic pyroclastics) يحتوي على وفرة من الفتات اللُّوَيْبي وبعض الزجاج، أما بقية الوحدة فجيدة التطبق (well bedded) وعادة ما يكون بها تطبق متدرج (graded bedding). تبدو وحدة الأجلومريت الرصاصي و كأنّها غير متوافقة مع الوحدة السابقة، إذ تتقاطع أسطح تطبّق الوحدتين أحيانا، كما قد تستقر وحدة الأجلومريت الرصاصي على وحدة الطّف الأسفل مباشرة.

أما الطّف الأعلى فهو رصيص - أجلومريت، تتطابق معه راقات من الرواسب الطينية والطّف الجيري خاصة عند قاعدة الوحدة، وتستقر الوحدة في عدم توافق على وحدة الأجلومريت الأعلى الموجود ةتحتها. وفي الآبار المحفورة أو أعمال التعدين السطحية ينكشف حد التماس بين الوحدتبن على صورة صدع مستوى تطبق الوحدتين bedding plane fault يوازي أسطح تطبق الطّف الأعلى .

وينتهي تتابع الصخور البركانية الرسوبية والرسوبية في مهد الذهب بوحدة صغيرة من الصوان (chert) تنكشف في أقصى شمال التتابع.

ويقطع تتابع صخور جبل المهد ، خاصة في منطقة تل المنجم (Mine Hill) جسم صخري ريوليتي بورفيري دار حوله خلاف شديد. فاعتبره ديروم (Dirom 1946) فيضا ريوليتيا (rhyolite flow) واعتبره لوس (Luce *et al.* 1975) محقوناً صغيراً من الريوليت البورفيري، في حين يعتبره وورل (Worl 1979) جزءاً من وحدة الطّف تعرض لعمليات تحول ميتاسوماتي أدى إلى دخول الفلسبار البوتاسي

بها. أما حكيم (Hakim 1979) وهكربي وزملاؤه (Huckerby et. al. 1982) فقد اعتبروه محقونا ناريا (كما ذكر لوس وزملاؤه) صغيرا من الريوليت البورفيري على أساس أن :

١ - حدود التماس الحادة بينه وبين وحدة الأجلومريت في شمال غرب تل المنجم وكذلك حد التماس بينه وبين الصوان على قمة تل المنجم واضحًا.

٢ - ما شوهد من تحول صخور الطّف تحولا حراريا نسبيا إلى هورنفلس بجوار المحقون.

٣ - وجود بعض قواطع البريشيا الريوليتية (rhyolitic breccia dykes) مصاحبة لهذا الجسم الريوليتي.

يقطع كل الصخور السابق ذكرها، عدد من جذد الأنديزيت القاطعة (andesite dykes) يصل سمك بعضها إلى ٢ م، وتضرب كلها في اتجاه ٤٥° إلى الشرق من الشمال، وتميل بزاوية ٧٠° إلى الغرب إلا أن القليل من عروق الكوارتز الصغيرة قد تقطع هذه الجدد الأنديزيتية.

يقع مهد الذهب في منطقة شديدة التصدّع والطيّ في اتجاه الشمال الشرقي، أما في منطقة المنجم نفسها فتسود التراكيب الضاربة إلي الشمال، يليها في الأهمية تلك الضاربة في اتجاه الشمال الغربي أو الشمال الشرقي. أهم الملامح التركيبية في المنطقة هي النطاق الحاوي لعروق الكوارتز الذي يضرب في اتجاه ١٠° إلى الشرق من الشمال، والذي تقع فيه المناجم القديمة والمنجم الجديد. ومن الواضح أن عدداً من دورات التصدع، وترسب عروق الكوارتز، وتداخل قواطع الأنديزيت قد تتابعت على المنطقة، كان معظمها متجها إلى الشمال أو الشمال الشرقي، والقليل منها باتجاه الشمال الغربي.

ويسود التطبق (layering) وحدات الصخور جميعها، حيث تبدو أسطح التطبق والتطبق المتدرج واضحة في كل وحدات الطّف، وأقل وضوحا في وحدات الأجلومريت. أما التورق foliation وما يصاحبه من تراكيب تحولية النشأة فهو غير

واضح في المنطقة.

كما يتضح الطي (folding) في منطقة مهد الذهب، حيث تقع المنطقة على مفصل (hinge) حدبة غاطسة (plunging anticline) إلى الشمال، مقطوعة بالصدوع إلى الشرق من المنجم. ومنطقة المنجم نفسها على هيئة طية موحدة الميل (ho-mocline) يتجه محورها إلى الشمال الغربي ويميل بزاوية ٥٠° إلى الشمال. كما يبدو بالمنطقة بعض الطيات المحلية التي تتجه محاور معظمها أيضا إلى الشمال، أو الشمال الغربي.

التمعدن Mineralization : التمعدن الموجود في مهد الذهب هو تمعدن ذهب - فضة مع بعض النحاس والزنك، ويتبع المجموعة المعروفة باسم رواسب عروق الفلزات النفيسة وفلزات القاعدة precious and base metal vein type deposits والموجودة في عروق الكوارتز أو مصاحبة لها فيما يحيط بها من الصخور المضيفة (Hakim 1979).

وبالرغم من وجود عروق الكوارتز في كل أنحاء المنطقة، إلا أن معظمها يتركز في نطاق طوله حوالى كيلو متر وعرضه حوالى ٤٠٠م ويمتد باتجاه ١٠° إلى الشرق من الشمال. تحتوي أنطقة الصدوع والتغيير الصخري (rock alteration) وعروق الكوارتز هذه على معظم الحفريات والأشغال القديمة خلال الفترات السابقة، وكذلك على المنجم الجديد.

ويتراوح سمك عروق الكوارتز بين ١سم إلى أكثر من ٥م (معظمها بين ١٠ و ٥٠ سم). وتمثل العروق حشواً لفراغات وشقوق سابقة التكوين fissure fillings كما يدل على ذلك وجود الفجوات المحتوية على بلورات (crystalline vugs) وتراكيب المشط (comb structure). كثير من العروق مهشم وملحوم بجيل لاحق من الكوارتز. معظم العروق الكبيرة عروق مركبة (composite veins) تتكون من شظايا الكوارتز، والصخور المضيفة ملحومة بالكوارتز الأحدث (Worl 1979 , Huckerby 1989).

تتكون العروق أساسا من الكوارتز مع بعض الكبريتيدات والكلوريت وأحيانا توجد السيليكا دقيقة التبلُّر (الكالسيدوني) ومعادن الكربونات كمكونات متأخرة لبعض العروق. وكثيراً ما يوجد الفلسبار البوتاسي، خاصة في منطقة المنجم القديم، إما على هيئة بلورات داخل عروق الكوارتز، وإما كعروق مستقلة في الصخور المضيفة المتغيرة. ويزداد التمعدن عادة بتزايد نسبة عروق الكوارتز حتى تُكوِّن شبكة عريقية (stockwork) . والكبريتيدات الموجودة في العروق هي البيريت والكلكوبيريت وجيلان على الأقل من معدن السفاليريت (أحدهما داكن اللون والآخر عسلي) وبعض الجالينا القليلة مع وجود التتراهيدريت والأرجنتيت أحيانا، ويصاحب هذه الكبريتيدات الذهب والفضة الطليقة. وقد دلت الدراسات المعملية على عينات المنجم القديم والمنجم الجديد على أن معظم الذهب، وربما معظم الفضة، موجود في صور إلكتروم (electrum) ومعادن تلريدية (tellurides) حيث عرفت فيها معادن هسِّيْت (hessite, Ag_2Te) وإمبرسِّيْتْ (empressite , Ag Te) وألتَيْت (altaite , Pb Te) وبيتزيْت petzite (Ag Au Te) وغير ذلك من معادن مركبة. (Afifi 1990) .

وهناك مجموعتان من الأجسام المتمعدنة في مهد الذهب، استغلت إحداهما في المنجم القديم ، وهو موجود بالقرب من محقون الريوليت في وحدة الأجلومريت الأعلى، في حين يوجد الجسم الثاني في منطقة المنجم الجديد، بجوار محقون الريوليت أيضا لكن في وحدة الأجلومريت الأسفل، حيث يشكل التمعدن شبكة عريقات (stockwork) قاطعة في الصخور التي تعرضت للسلكتة وللتغير الشديد (شكل ٢).

وتدل الشواهد الحقلية والدراسات المعملية على وجود عدد من أجيال الكوارتز يتراوح ما بين أربعة إلى سبعة أجيال ويصعب في كثير من الأحيان التفريق بين العروق الحاملة للذهب والعروق العقيمة.

أما المعادن الغثة الموجودة، بالإضافة إلى الكوارتز، فهي الكلوريت والفلسبار البوتاسي والكالسيت. ويعتبر الكلوريت أحد نواتج التغير، ويوجد دائما على حواف

العروق وفي الصخور المضيفة المجاورة لها . أما الفلسبار البوتاسي فيصاحب الأطوار الأولى للتمعدن بعكس الكالسيت الذي يملأ الفجوات في العروق ويمثل مرحلة متأخرة من النشاط التمعدني .

وفي موقع المنجم الجديد أمكن تقسيم التمعدن إلى نطاقين : نطاق خام مؤكسد ، ويمتد إلى عمق ١٠٠م من سطح الأرض ، يتميز بوجود مجموعة من المعادن الثانوية ، تشمل الملاكيت والكريزوكولا والأزوريت والكوفيلّيت والهيماتيت وغيرها . أما النطاق الثاني فهو نطاق التمعدن الأولي . وفي كل من النطاقين يوجد الذهب والفضة ، إمّا في الصورة الطليقة وإما كمعادن تلريدية أكثرها شيوعا البتْزيْت (petzite) ، والهسّيْت (hessite) . ويوجد الذهب الطليق وتلريدات الذهب عَلى هيئة مكتنفات دقيقَة في الكبريتيدات أو كخيوط رفيعة على حواف الحبيبات ونادرا على هيئة حبيبات صغيرة في الكوارتز (Luce *et. al.* 1975 , Worl 1979 , Hakim 1979 , Afifi 1990)

نشأة التمعدن : تفيد الدراسات التي قام بها بعض الباحثين عن نشأة التمعدن وخاصة حكيم Hakim 1979, بأن التمعدن لا يمكن أن يُعزى مباشرة إلى المحقون الريوليْتي تحت السطحي بالرغم من وجود علاقة مكانية وطيدة بين أغنى مناطق التمعدن ومحقون الريوليت . ولكنه يعطي نموذجا للتمعدن شبيها بذلك المألوف من نوع خامات بوننزا في أمريكا الشمالية ، حيث التمعدن من نوع عروق الفلزات النفيسة المصاحبة لمعادن النحاس والزنك والرصاص في مناطق الانضواء (subduction zones) مصاحبا للبركانيات السطحية ، أو البركانيات المترسبة في المياه الضحلة ، في مناطق جبال الأنديز .

يعتمد النموذج المذكور على مصدر حرارى تحت منطقة التمعدن ، وهو في هذه الحالة الجسم الجرانيتي الذي ينتمي له محقون الريوليت في منطقة المنجم ، حيث يقوم هذا المصدر بإحداث تيارات حمل للماء الأرضي الذي يقوم بغسل البركانيات مما بها من معادن ويصعد بها ليرسبها في الشقوق المفتوحة في الأجزاء العليا من التتابع الصخري .

الرتبة والاحتياطيات : يوضح الجدول التالي الإنتاج السابق من مهد الذهب

بالإضافة إلى الاحتياطي المؤكد ورتبته الحالية . ومنه يتضح أن الاحتياطي المتاح والمؤكّد في منطقة المنجم الجديد يبلغ ١,١ مليون طن بمحتوى متوسط ٢٧ جرام في الطن ذهب ، ٧٣ جرام في الطن فضة ، بالإضافة إلى ٠,٦٤٪ نحاس و٢,٥٨٪ زنك وآثار من الرصاص . هذا ومن المحتمل أن تتضاعف تقديرات كمية الخام في الموقع بعد البدء في استغلال المنجم .

محتوى الذهب والفضة في مهد الذهب

الإنتاج والاحتياطي	طن ذهب	طن فضة	ملاحظات
إنتاج القدماء	٣١,٠	٩,٠	تقديرات غير دقيقة
إنتاج مجلس التعدين السعودي (SAMS)	٢٣,٤	٣١,١	من ١٩٣٩ - ١٩٥٤م
الاحتياطي لمدة عشر سنوات	٢٩,٠	٣٣,٠٠	من ١٩٩٠ - ٢٠٠٠م
مجموع المحتوى لمنجم مهد الذهب	٨٣,٤	٧٣,١	

٢) الأمار Al-Amar

تقع منطقة تمعدن الأمار على بعد ١٣٠ كيلو متراً غرب جنوب غرب مدينة القويعية على خط عرض ٤٧َ ٢٣ْ شمالاً وخط طول ٤َ ٤٥ْ شرقاً في شرق الدرع العربي ، في حزام من الصخور البركانية المتوسطة والحمضية التركيب التابعة لمجموعة الأمار (حلبان) والمتطبقة مع صخور رسوبية من أصل بركاني بالإضافة إلى طبقات من الجاسبر أو الصوان (Maclean and Al Shanti 1958) .

هذا ، وقد تأثرت الصخور المضيفة للتمعدن في المنطقة بالتشوه المتمثل بالطي والتصدع والتورق والتمزق العنيف بفعل الحركات البنيوية المختلفة والتي كان آخرها

التصدع بنظام صدوع نجد . كما تحولت صخور المنطقة بفعل التحول الإقليمي إلى سحنة الشست الأخضر .

ويتمثل التمعدن في سلسلة من عروق الكوارتز مكونة شبكة متجهة شمال شمال غرب . وتتكون العروق من الكوارتز الأبيض الذي يظهر التقشر (crustification)، ويتراوح سمكها من ملّيمترات إلى ٥ متر تقريبا . والمعادن الأولية الأساسية الموجودة هي البيريت والسفاليريت والكلكوبيريت والذهب وقليل من الفضة ، والذهب موجود في جيوب غير منتظمة التوزيع في الموقع (Raguin 1981 و Al - Sari *et. al.* 1982) .

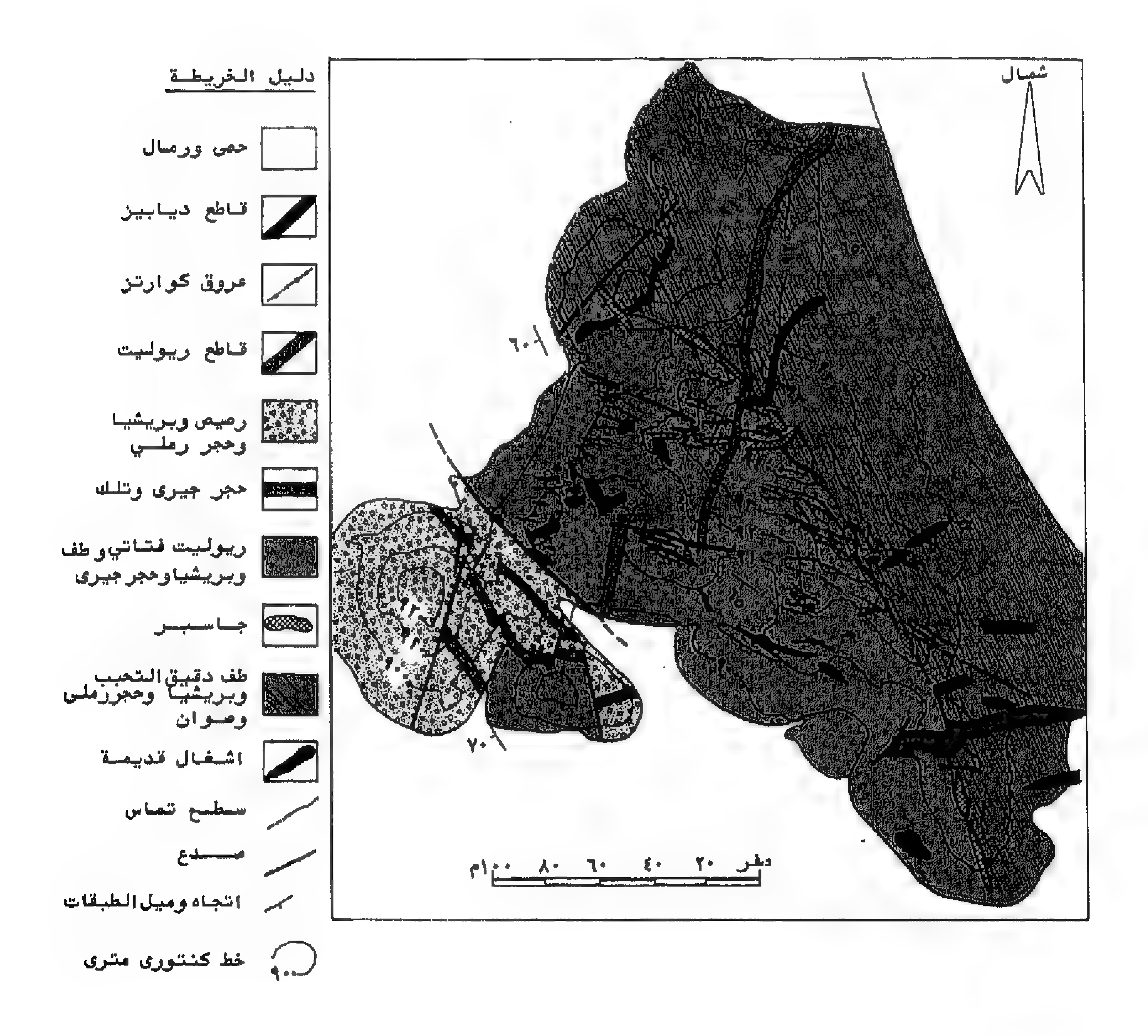
تقدر كمية الخام بحوالي ٦ , ٥ مليون طن تحتوي على ٥٪ زنك و٧٥ , ٠٪ نحاس و٢ , ٩ جم/ طن ذهب . هذا وقد أظهرت نتائج التنقيب الأخيرة أن هناك امتداد للتمعدن شمال غرب الموقع المذكور للعرق الشمالي، يعتقد أنه امتداداً له ، وجد أنه يحتوى على احتياطي يقدر بمليون طن تقريبا بنسبة ٢٠-٣٠ جم/ طن ذهب . [نشرة المديرية العامة للثروة المعدنية رقم (٣)] .

يقطع المنطقة صدعان رئيسان يتجهان ٦٠ْ غرب الشمال ويتفرعان ويتشعبان في وسط المنطقة وفي غربها إلى نسيج واسع من الشقوق التى تشغلها العريقات المتشابكة من الكوارتز، التي تحمل معها البيريت والسفاليريت والكلكوبيريْت وبعض معادن الفضة وقليلا من الذهب . وتشمل الصخور المضيفة لهذه العروق الريوليت الفتاتي والطّف الريوليْتي، وطبقات من الرخام ، والتلك . هذا وقد استغلت هذه العروق في القديم ، كما تدل على ذلك الحفريات القديمة من آبار رأسية وخنادق طولية وأكوام كثيرة من الخبث وبقايا منازل قديمة .

ويبلغ طول منطقة التمعدن ٢٥٠ متراً وعرضها ١٣٠ متراً، وتمتد في العمق لمسافة ٢٥٠ متراً وبميل ٧٥ْ للشمال الغربي (شكل ٣) ، ويبدو أن هناك توزيعا نطاقيا للتمعدن، إذ يزداد الكلكوبيريْت للشمال والسفاليريْت للجنوب . ويتميز التمعدن كذلك بالتطبق (Idris 1988) .

ومع أن تمعدن الأمار يقع في صدوع تابعة لنظام صدوع نجد، إلا أن هناك ما يدل

على أنه بركاني الأصل (volcanogenic) ربما تكوّن بصحبة الصخور المضيفة له ومتزامنا معها، حيث إن مجموعة المعادن المكونة له وحتى المعادن ضئيلة المقدار به مثل التلوريدات، شبيهة بالرواسب المعدنية المصاحبة لصخور مجموعة الحليفة في مناطق أخرى من الدرع العربي. بالإضافة إلى ذلك، لوحظ وجود بعض التمعدن في الصخور الرسوبية المتطبقة مثل الجاسبر، في موقع التمعدن وكذلك في الصخور الجيرية المتحولة إلى تلك (Delfour 1982).



شكل (٣) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الأمار. معدلة من (1983) Delfour.

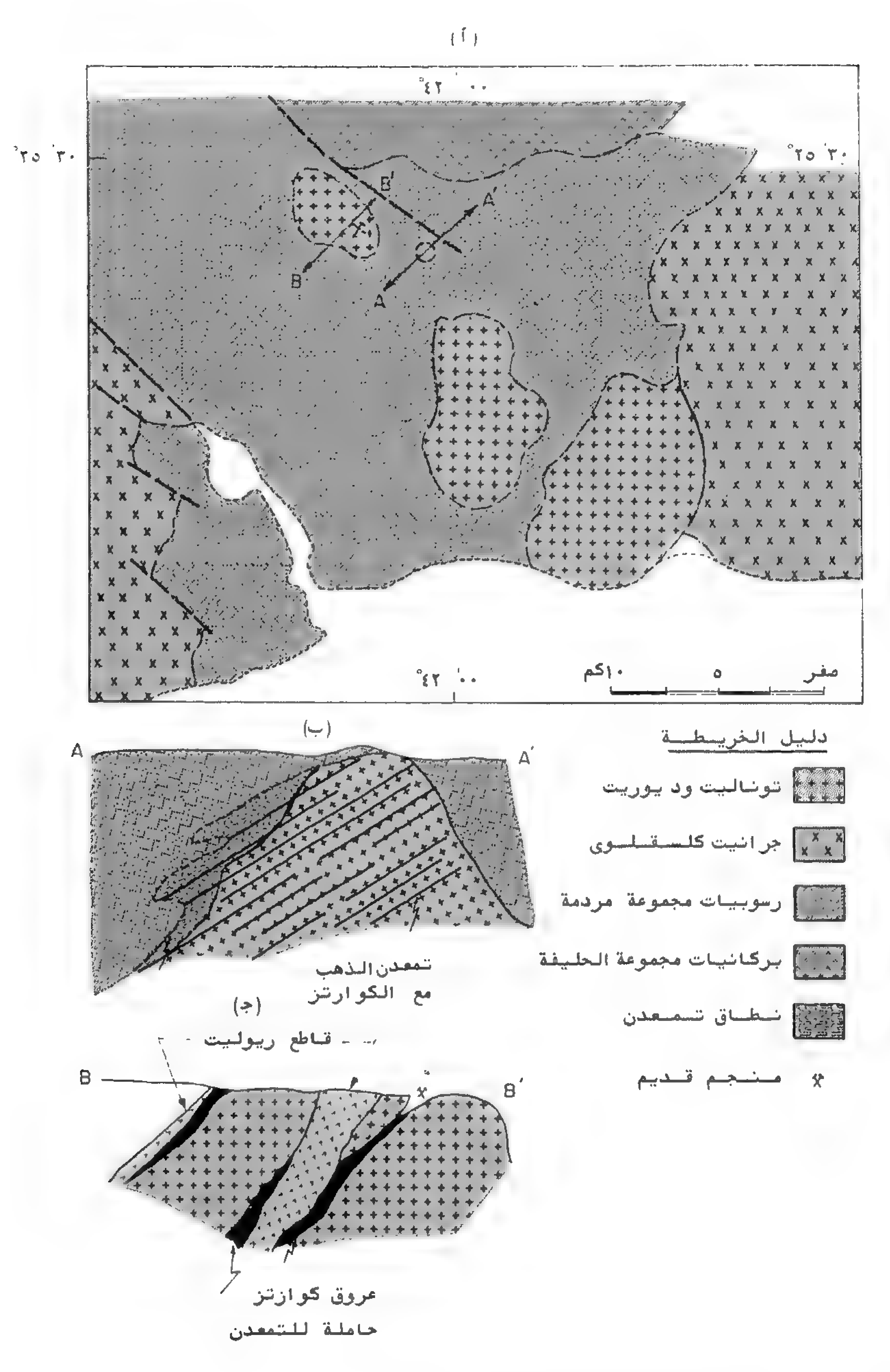
٣) الصُّخيبرات As-Sukhaybarat

تقع المناجم القديمة للصخيبرات على بعد ٣٠ كم جنوب طريق المدينة بريدة السريع، في منتصف المسافة بينهما، وعلى بعد ٥٠ كم جنوب شرق بلدة النقرة، على خط طول ٣٥ ْ ٢٥ َ شمالا وخط عرض ٥٠ َ ٤١ ْ شرقا تقريبا، وتبعد عن مدينة جدة مسافة ٧٥٠ كم.

الجيولوجيا والتمعدن : تتبع صخور منطقة الصخيبرات مجموعة مردمة الفتاتية والمشتقة من صخور بركانية وفتاتية بركانية من الأنديزيت والداسيت المتحولة إلى سحنة الشست الأخضر والتى تأثرت بالطي والتشوه مكونة أحزمة طولية باتجاه شمال شرق. اخترقت أجسام محقونات الديوريت والتوناليت صخور هذه المجموعة بشكل واسع . تبع ذلك تكوُّن شبكة من عروق الكوارتز مخترقة لهذه المحقونات يصاحبها تمعدن الذهب (شكل ٤). يوجد الذهب منبثا في صخر التوناليت في الموقع الشرقي على شكل رقائق دقيقة من الذهب الحر على حواف بلورات معدن الأرزينوبيريت والشقوق الداخلية له، في عروق الكوارتز وحواف هذه العروق. هذا ويمكن اعتبار ضوابط التمعدن تركيبية، مع أن هناك علاقة إلى حدما مع الصخر المضيف. يلاحظ في كثير من الأحيان أن التمعدن يزداد وجوده على أطراف المحقون التوناليتي وبالقرب من حد التماس مع الصخور المضيفة من مجموعة مردمة، ومن المحتمل أن يكون ذلك بسبب سهولة ترسيب التمعدن في الفراغات الحافية على أطراف المحقون والناشئة من عملية الحقن في الصخور المضيفة. هذا ويتركز التمعدن في الجزء السطحى من المحقون إلى عمق حوالى مئة متر من السطح فقط.

أما المعادن المصاحبة للذهب فهي البيريت والبروتيت والأرزينوبيريت والكلكوبيريت فيعتقد بأنها تكونت في مرحلة لاحقة لتبلُّر ونشأة المحقون الجوفي. أما البروتيت والأرزينوبيريت فقد لوحظ وجودهما كمعادن أولية في صخر التوناليت والديوريت الجوفي.

هذا وبعد دراسات جيولوجية وجيوكيميائية وأعمال تنقيب وحفر ماسي واسع على هذه المنطقة، أمكن التأكد من وجود ٤,٨ مليون طن من الخام يحتوي على ٢,٥

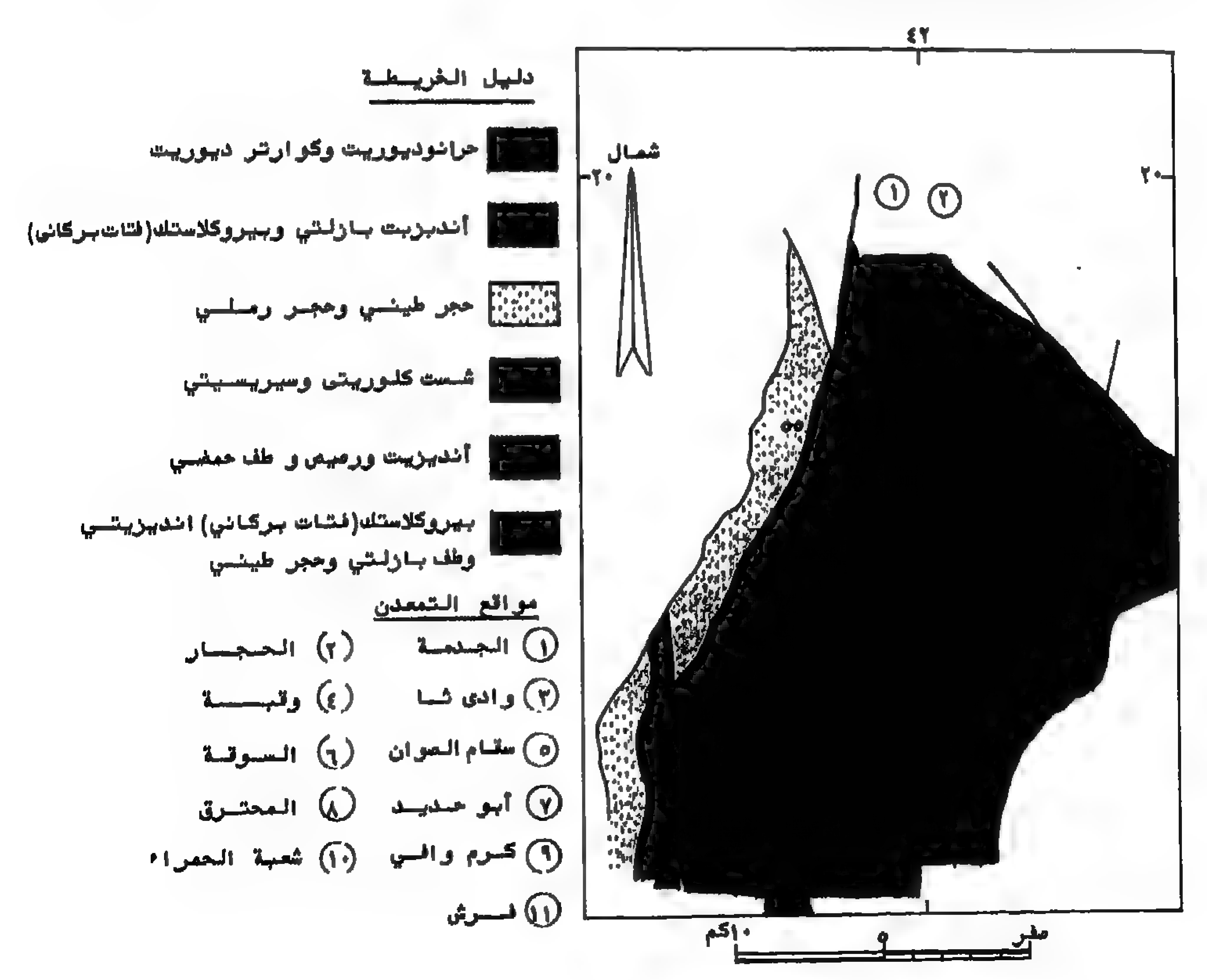


شكل (٤) أ - خريطة جيولوجية لمواقع تمعدن الصخيبرات .
ب - مقطع جيولوجي في الصخيبرات الشرقية
جـ - مقطع جيولوجي في الصخيبرات الغربية .
تقرير Petromin - Boliden (1989)

جم/ طن ذهب. ونظرا لسهولة التعدين بطريقة المحاجر السطحية، ولسهولة معالجته وتحرير الذهب من الخام عن طريق الغسل بالسيانيد ولارتفاع أسعار الذهب في الوقت الحاضر (٣٧٠ دولار أمريكي للأوقية)، اعتبر هذا التمعدن اقتصاديا وقد بدأ تعدينه في الثلث الأول من عام ١٩٩١م (Petromin Boliden 1986) .

٤) الحجار Al-Hajar

يقع على بعد ٣٥٠ كم جنوب جدة و ٦٥ كم للغرب من بيشة في منطقة وادي شواص وهو أحد مواقع تمعدن مشابهة للكبريتيدات المصاحبة للصخور البركانية أو البركانية الفتاتية، يبلغ عددها حوالى عشرين موقعا في حزام من الصخور البركانية والرسوبية يمتد شمالا وما بين خطي طول ٤٠َ ١٩ْ و ١٥َ ٢٠ْ (شكل ٥) (Greenwood *et. al.* 1986) .



شكل (٥) خريطة جيولوجية عامة لمنطقة وادي شواص تبين مواقع التمعدن المختلفة. معدلة من (1979) Fujii an kato .

أما الصخور المضيفة للتمعدن فهى الصخور البركانية الفلسية من الريوليت والداسيت الريوليتي المحقون بالديوريت والمتحولة إلى سحنة الشست الأخضر التي تتبع صخور مجموعة جدة. تتميز الصخور البركانية بتهشمها الشديد في موقع التمعدن وكذلك بشدة تعرضها للتحات والتعرية. كما ويتطبق معها عدد من عدسات الصخور الجيرية والجاسبر (Fujii et. al. 1973). يقطع هذه الصخور صدوع في الاتجاهات شمال ٣٠° ٥٠ غربًا، وشمال ٢٠° شرقًا، وشرق غرب، كما يقطعها عدد من الجدد الفلسية والقاعدية.

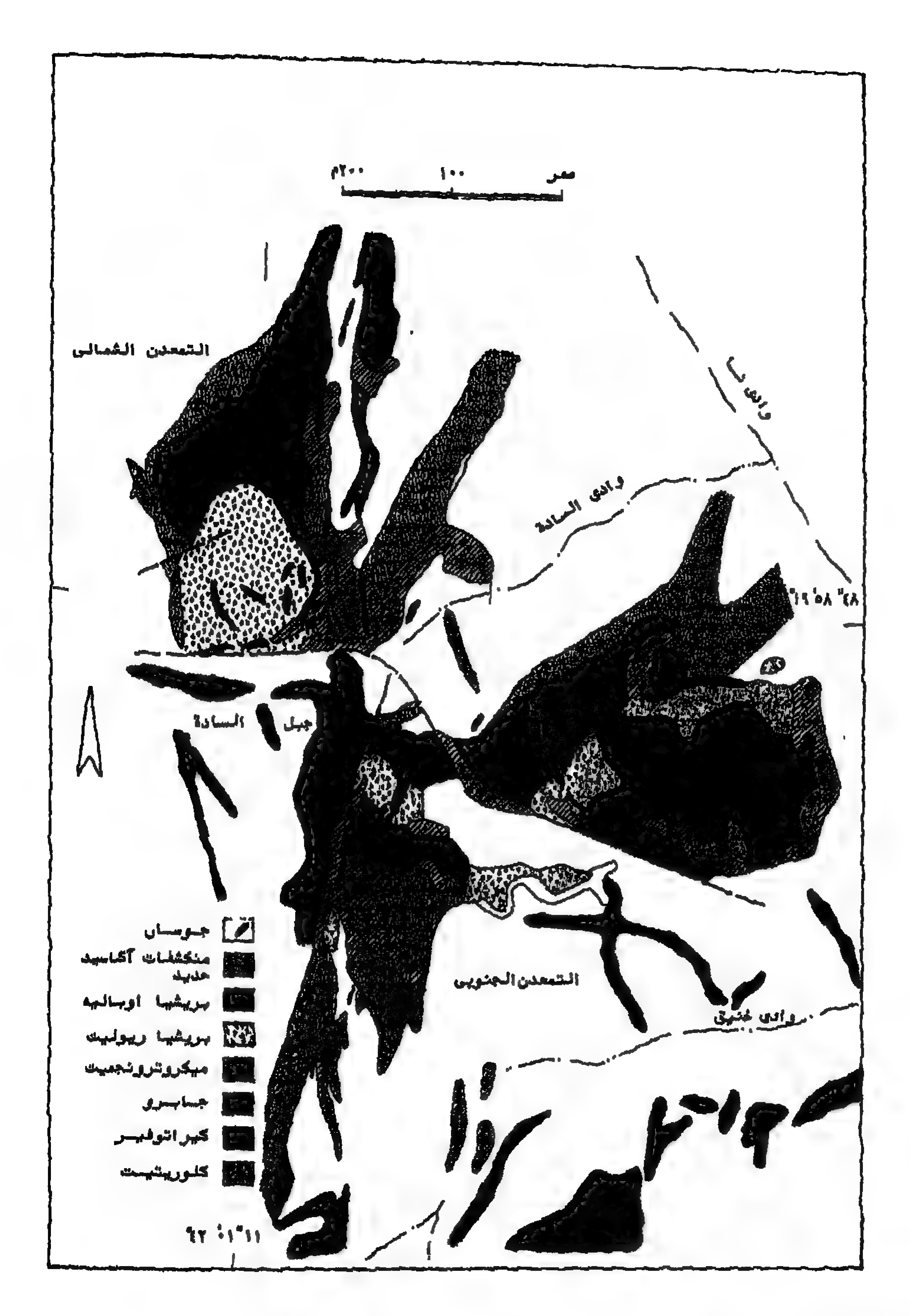
تتميز مواقع التمعدن في الحجار بشدة تعرضها للأكسدة والتحول ويمكن تقسيمها إلى ثلاثة أنطقة مؤكسدة: أ - نطاق بريشيا الريوليت. ب - نطاق البريشيا الأوبالية. ج - نطاق الجوسان (شكل ٦). هذا ويصل عمق التأكسد إلى حوالى ٧٠ مترًا من السطح (1987) Viland et al.

ويتركز التمعدن في الصخور البركانية الفلسية، وهو من النوع البركاني الزّفيري (volcanic exhalative) ويشتمل على الكبريتيدات متعددة الفلزات، وأهمها النحاس والزنك، المصاحبة للذهب والفضة.

وقد وجد أن أعلى نسبة لوجود الذهب، هي في أنطقة التأكسد السطحية والمكونة حاليا من صخر سيليسي هيماتيتي، يعتقد كوتارد وزملاؤه (Cottard et al 1989) أنها تكونت بفعل الغسل بالأحماض (acid leaching) والتغير السطحي الأصل (supergene alteration) لنطاق البيريت الكتلي والمنشور الذي يحتوي على إثراءات محلية من السفاليريت والكلكوبيريت والماجنيتيت والتراهيدريت مع قليل من التيلوريدات والذهب.

التمعدن الأولى تحت المنطقة المؤكسدة، يحتوي على معادن البيريت الكتلي والمنشور والبيروتيت والأرزينوبيريت المصاحبة لمعادن الكلكوبيريت والماجنيتيت والسفاليريت والجالينا والتراهيدريت والتيلوريدات ونسبة ضئيلة جدا من الذهب.

هذا ويعتقد بأن وجود الذهب في المنطقة المؤكسدة يعود إلى العمليات الكيميائية التى تتولى إزاحة المعادن الغثة والكبريتيدات وتركيز الذهب في المنطقة المؤكسدة.



شكل (٦) أ-خريطة جيولوجية توضّح موقع تمعدن الحجار - وادي شواص . معدلة من Fujii *et. al* (1973) .

يعتمد ذلك على عدة عوامل مختلفة ، نذكر منها نوع الصخر، ونوع المحاليل الحرمائية، ودرجة تشقق الصخر، ونوع الكبريتيدات الموجودة، ومستوى سطح الماء، وغير ذلك من العوامل.

وتكمن أهمية هذا الموقع الاقتصاديّة حاليا على احتوائه للذهب في المنطقة المؤكسدة. ويوجد الذهب على شكل طليق دقيق التحبب ملتصقا بحبيبات السيليكا وأكاسيد الحديد وخلاف ذلك.

هذا ويقدر الاحتياطي في الموقع بحوالي خمسة ملايين طن تحتوي على ٦ جم/ طن ذهب.

٥) أمطيرة ، أم مطيرة Matierah , Um Matierah

تقع منطقة أمطيرة عند تقاطع خط عرض ٢٥َ ٣١ْ شمالا مع ٣٠َ ٤٣ْ شرقا (شكل ١)، على مسافة حوالى ٤٥٠ كم إلى الشرق من جدة مباشرة، في الطرف الشمالى لما يسمى حزام تمعدن الذهب «جبل أشماس - وادي تثليث» حيث يتقاطع درز نبيطة(Nabitah suture) مع صدوع نجد الضاربة باتجاه الشمال الغربي (شكل ٧).

ويضم حزام جبل أشماس - وادي تثليث أكثر من ٤٠ موقعا قديما للتمعدن، وجميعها توجد ضمن صخور مجموعة حلبان البركانية والبركانية الفتاتية، وصخور مجموعة مردمة الفتاتية الرسوبية والبركانية المتحولتان. يخترق هذه الصخور المضيفة قباب من النيس الديوريتي. توجد العروق الحاملة للذهب في الجزء الشمالى من حزام التمعدن عند تقاطع الصدوع الرئيسة التابعة لنظام نجد (شمال غرب) ونظام نبيطة (شمال - جنوب)، حيث توجد العروق الضاربة شمالا والحاملة للذهب مقطوعة بعروق ضاربة تجاه الشمال الغربي وخالية من التمعدن (Greene 1982).

وفي منطقة أمطيرة (شكل ٧) توجد العروق الحاملة للذهب قاطعة لصخور متكون عرفان التابع لمجموعة مردمة، والذي يضم تتابعا متكررا من الفيوض البركانية والصخور البركانية الفتاتية، التي يغلب عليها التركيب البازلتى والأنديزيتي مع قليل من الريوليت والداسيت، بالإضافة إلى بعض طبقات من الحجر الرملى والرصيص. تتوزع الحفر القديمة بالمنطقة على أربعة عروق كوارتز متوازية، تضرب كلها بإتجاه ١٥ْ

إلى الشرق من الشمال. ويدل توزيع هذه الحفر القديمة وكذلك نتائج الحفر اللبي الماسي الحديث على امتداد التمعدن في العرق الرئيس لمسافة ٤٠٠م. تشغل عروق الكوارتز صدوعا وفواصل مفتوحة ذات حواف حادة. يبلغ متوسط سمك العرق الرئيس ٠,٧٥م، وقد يصل الى ٣,١م في بعض المواقع (Smith and Samater 1985 و Smith *et al.* 1984).

يوجد تمعدن الذهب منثورا في الكوارتز الأبيض المكون للعروق، ويلاحظ هنا غياب الكبريتيدات من عروق الكوارتز بصفة عامة واقتصار وجودها على مناطق التغير المحيطة بالعروق حيث يتراوح محتواها بين ٥.و ٧٪ كبريتيدات.

يبلغ التغير في الصخور المضيفة، الذى عادة ما يكون مصاحبا للتمعدن، درجة كبيرة عند حائط القدم عنه في الحائط المعلق (٦,١م في حائط القدم وأقل من متر واحد في الحائط المعلق). يتمثل هذا التغير بإدخال السيليكا والبيريت والأرزينوبيريت، كما يلاحظ أن أعلى محتويات الذهب في العروق تتلازم مع أعلى تركيز للكبريتيدات في الصخور المضيفة (Last and Oskoui 1983).

يقدر احتياطي الخام في أمطيرة بحوالي ٣٠٠,٠٠٠ طن من الخام المحتوي على ٧,٣ جرام/ طن ذهب، مع غياب أي تركيزات مهمة للفضة.

الفضة Silver (Ag)

عُرفت الفضة منذ آلاف السنين في مناطق الحضارات القديمة حول البحر الأبيض المتوسط، وزادت الكمية المتاحة منها وكذلك أوجه استخداماتها زيادة كبيرة باكتشاف الدنيا الجديدة، حيث نقلت كميات هائلة منها من بيرو وبوليفيا والمكسيك إلى دول العالم الأخرى.

وقد بلغ إنتاج العالم من الفضة حوالى ٣٠٠ مليون أوقية (١٩٨٠ م) وكانت أهم الدول المنتجة لها هي الاتحاد السوفيتي (١٣,٨٪) وكندا (١٣,٥٪) والمكسيك (١٣٪) وبيرو (١٣٪) والولايات المتحدة الأمريكية (١١٪).

أمطيرة

٣٠' ٤٣°

٣٠' ٢١°

٠٠' ٢١°

٠٠' ٢٠°

٠٠' ١٩°

٠٠' ١٨°

دليل الخريطة

غطاء رمل وحصى

بازلت من الحقب الثلاثي

صخور الغطاء الرسوبي

جرانيت - ديوريت

جابرو

نيس

سيربنتين

رسوبيات متحولة

انديزيت وجريواكي

سطح تماس

موقع منجم ذهب قديم

مقياس الرسم:

صفر ٢٥ ٥٠كم

شكل (٧) أ - خريطة جيولوجية توضح مواقع المناجم القديمة لتمعدن الذهب في حزام جبل إشماس - وادي تثليث في درز نبيطة. لاحظ موقع منجم أمطيرة في شمال الخريطة. معدلة من worl (١٩٧٩).



شكل (٧)

ب - خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الذهب في أمطيره .

جـ - قطاع جيولوجي عبر التمعدن ممثلا بثلاثة آبار . معدلة من Hacket (1982) , Greene (1982) .

ويأتي معظم إنتاج العالم من الفضة من خامات تكون الفضة فيها منتجًا جانبيًا ، فمثلا في الولايات المتحدة الأمريكية كان نمط الإنتاج على النحو التالى :

٣٨٪ من خامات فضة ، ٢٩٪ من خامات نحاس، ٢١٪ من خامات زنك - رصاص - نحاس ، ٨٪ من خامات رصاص ، ٢٪ من خامات زنك و٢٪ من خامات ذهب

وأهم معادن الفضة ونسبة وجودها بها هي :

فضة طليقة	native silver	Ag	١٠٠ ٪ فضة
أرجنتيت	argentite	Ag_2S	٨٧,١٪ فضة
سيرارجيريت	cerargyrite	$AgCl$	٧٥,٣٪ فضة
بوليباسيت	polybasite	$Ag_{16}Sb_2S_{11}$	٨٠,٣٪ فضة
بروستيت	proustite	Ag_3AsS_3	٦٥,٤٪ فضة
بيرارجيريت	pyrargyrite	Ag_3SbS_3	٥٩,٩٪ فضة

والمعادن الغثة المصاحبة هي عادة الكوارتز والكالسيت والدولوميت والرودوكروسيت .

ويعتمد استغلال رواسب الفضة على عوامل كثيرة، ففي الرواسب التي تكون الفضة فيها هي الفلز الرئيس تتراوح النسبة الاقتصادية لها بين ٤ و ١٠ أوقية في كل طن من الخام.

خواص الفضة الطبيعية تجعلها ضرورية في الكثير من الصناعات، فهى قابلة للطرق، وشديدة الليونة، وتتميز بأعلى درجات التوصيل للحرارة والكهرباء، ومركباتها شديدة الحساسية للضوء، بالإضافة إلى صعوبة تأكسدها في الماء والهواء، لذا فالفضة شائعة الاستعمال في العملة والحلي (١٥٪ من الإنتاج)، وإن كان استعمالها في الطلاء بالفضة وتجهيز أفلام وأوراق التصوير وصناعة الدوائر الإلكترونية المطبوعة وغيرها هو المستهلك الأساسي للكميات المنتجة منها.

تتكون معظم رواسب الفضة كرواسب حشو في العروق الحرمائية، أو نتيجة الاستبدال الميتاسوماتي في مناطق التماس، كما أن بعضها الآخر قد يتكون في نطاقات الإثراء التالي للكبريتيدات. وكما سبق القول، يأتي معظم إنتاج العالم من الفضة من الرواسب التي تعطي الفضة كناتج جانبي، ومن أهمها رواسب الكبريتيدات الكتلية (من نوع كوروكو وسوليفان مثلا)، والرواسب الإحلالية للرصاص والزنك في الصخور الجيرية (من نوع مسيسبي)، ورواسب النحاس المتطبقة الرسوبية (كوبرشيفر مثلا)، ومع رواسب النحاس الطليق (رواسب بحيرة ميتشجن) وغيرها.

تتوزع رواسب الفضة في مناطق عديدة من العالم، لكن معظمها يتركز في غرب القارتين الأمريكيتين الشمالية والجنوبية حيث توجد عروقها قاطعة في الصخور البركانية والفتاتية البركانية المرتبطة بعمليات الانضواء.

الفضة في المملكة العربية السعودية :

يرجع الفضل الأول في اكتشاف الفضة في صخور الدرع العربي، كما هي الحال للمعادن الأخرى مثل الذهب والنحاس والرصاص، إلى القدماء الذين تركوا وراءهم مئات المناجم ومواقع التمعدن التي استغلوها أو اختبروها وتركوا آثارهم بها.

عندما نتكلم عن معادن الفضة فإننا نتكلم عن وجودها كفلز رئيس أو كمنتج جانبي ملازم لفلزات أخرى في بعض مناطق الدرع العربي. وأهم المناطق الحاوية لتمعدن الفضة بهذا المفهوم هي منطقة الدوادمي حيث توجد معادن الفضة مع كبريتيدات الرصاص (جالينا) وكبريتيدات الزنك (سفاليريت) والنحاس والحديد في عروق تحتل صدوعا تمزقية وتمددية (shear and tension faults) وتشققات في منطقة تمتد بطول خمسة وعشرين كيلو مترا في اتجاه الشمال جنوب، ويبلغ عرضها حوالي عشرة كيلو مترات. هذا وقد استغل الأقدمون هذه المواقع وأجروا عليها دراسات كثيرة في العصرين الأموى والعباسي كما دلت على ذلك نتائج تحديد العمر بالكربون - ١٤، وكذلك بقايا الزجاج والفخار في قراهم القديمة. أهم المناجم القديمة في منطقة الدوادمي هو منجم سمرة (Kiilsgaard 1968 , Al Shanti 1976).

توجد معادن الفضة كذلك بكميات أقل في مناجم مهد الذهب والنقرة وجبل

صايد ومنطقة وادي بيدة والأمار (شكل ١) . كما توجد كذلك في الجدمة والزهرة ومنجم السوت. وجميع هذه المواقع مناجم قديمة استغلها القدماء لفلزات الذهب أو الفضة أو النحاس أو الرصاص أو اثنين أو أكثر من هذه الفلزات .

وفيما يلي سنعرض لأهم موقع لتمعدن الفضة بالمملكة، في منطقة الدوادمي ، ثم نستعرض منطقة النقرة، حيث توجد الفضة كفلز ثانوي الأهمية، بصحبة فلزات أخرى .

١) منطقة الدوادمي Ad-Dawadimi

تقع مدينة الدوادمي على بعد حوالي ٧٥٠ كيلو مترا شرق شمال شرق مدينة جدة، و ٣٢٠ كيلو مترا غرب جنوب غرب مدينة الرياض على الطريق العام القديم الذي يربط ما بين الرياض وجدة. وتقع المنطقة على الحافة الشرقية للدرع العربي، على الحد مع صخور الغطاء الرسوبي لعصر الباليوزوي. وتقع مدينة الدوادمي في منتصف المنطقة المتمعدنة.

جيولوجية المنطقة :

يغطي باثوليث الدوادمي الجرانيتي ٨٠٪ من المنطقة، ويتكون من ثلاثة أنواع من الصخور الجرانيتية : الأول منها وهو الأقدم متغاير الخواص غير متجانس وغني بمكتنفات من الصخور القديمة، أما الجرانيت الثاني فهو من النوع الرمادي، متساوي الحبيبات، ومتجانس، وأحدث عمرا من الأول. أما النوع الثالث فيوجد على شكل أجسام منفردة صغيرة نسبيا محقونا في النوعين الأولين، وهو قلوي أو كلسي قلوي يميل إلى اللون الأحمر، ويحتوي أحيانا على بلورات كبيرة من الفلسبار البوتاسي الأحمر، ويتميز هذا النوع بأن الجزء الخارجي منه الملامس للصخور المضيفة دقيق الحبيبات مبرد (chilled) مما يدل على أنه أحدث منها. بالمنطقة معقدان قاعديان متطبقان هما الجعلاني (Al-Jilani)، ويقع جنوب غرب مدينة الدوادمي ويغطي حوالي ٥٠كم^{2} . والمعقد الثاني على الطرف الشرقي لبلدة عرجا في شمال الدوادمي، ويغطي حوالي ٩ كم^{2}، يعتقد أن امتداد بلدة عرجا قد غطى كامل هذا الجسم حديثا. شكل المعقدان بيضي ويتكونان من طبقات قاعدية تميل إلى الداخل .

تنكشف في الجزء الشمالي والجزء الجنوبي الشرقي لمنطقة التمعدن أحزمة من صخور مجموعة العرض (Urd group) التي تشتمل على متكونين الأسفل منهما، متكون الردينية، يحتوي الأعلى وهو متكون العبط (Abt formation)، على صخور طينية وشبه طينية متحولة إلى شست الكلوريت - سريسيت، وشست الكوارتز سيريسيت والجريواكي المتحول، والمتكونان مغطيان لا توافقيًا من الشرق بصخور الأوردوفيشي الرسوبية.

وتتميز منطقة الدوادمي بوجود عدة نظم من الكسور والصدوع لعبت دورا مهما في استضافة شبكة القواطع الصخرية وعروق تمعدن الرصاص والزنك والفضة بالمنطقة.

بدأت الظواهر الجيولوجية في المنطقة، بالترسيب في حوض بحري على الأرجح. ثم تعاقبت عليها محقونات عديدة من الصخور القاعدية والجرانيتية خلال حقبة طويلة من الزمن. وكان حقن الصخور القاعدية الممثلة حاليا بالعدسات والمكتنفات والصخور الهجينة (hybrid rocks) والمعقدات البيضية القاعدية (الجعلاني وعرجا) هو الحدث الأقدم، أما حقن الصخور الجرانيتية فبدأ بتدخل الصخور الجرانيتية البورفيرية غير المتجانسة، ثم تبع ذلك تدخل الجرانيت الرمادي المتماثل، في المراحل النهائية لحقبة الحجاز التكتونية. وكان تأثير الحقبة التكتونية التالية، قاصرا على تكوين نظام صدوع لجد الشهيرة وما صاحبها من نشاط جوفي (Brown 1972). وتتميز هذه الدورة بتكون صخور الجرانيت القلوية وحدوث الصدوع والتشققات الثانوية في المنطقة، بالإضافة إلى تدخلات الجدد القاطعة المختلفة الاتجاه والتركيب. ويشغل تمعدن الزنك - الرصاص - الفضة بعضا من هذه التشققات الثانوية.

يبلغ طول منطقة تمعدن الفضة في الدوادمي حوالي ٢٥ كيلو مترا وعرضها حوالى ١٠ كيلو مترات، وتتميز بوجودها في صخور الجرانيت ضمن حزام يمتد من الشمال إلى الجنوب في الجزء الأوسط من الباثوليث. وهناك حوالي ١٥٠ موقع تمعدن كشفه الأقدمون بالمنطقة.

ومواقع التمعدن هذه عبارة عن خنادق طويلة متهدمة يتراوح عمقها بين متر واحد وستة أمتار، ويبدو أن قليلا من هذه المواقع قد استغل كمناجم في السابق، حيث

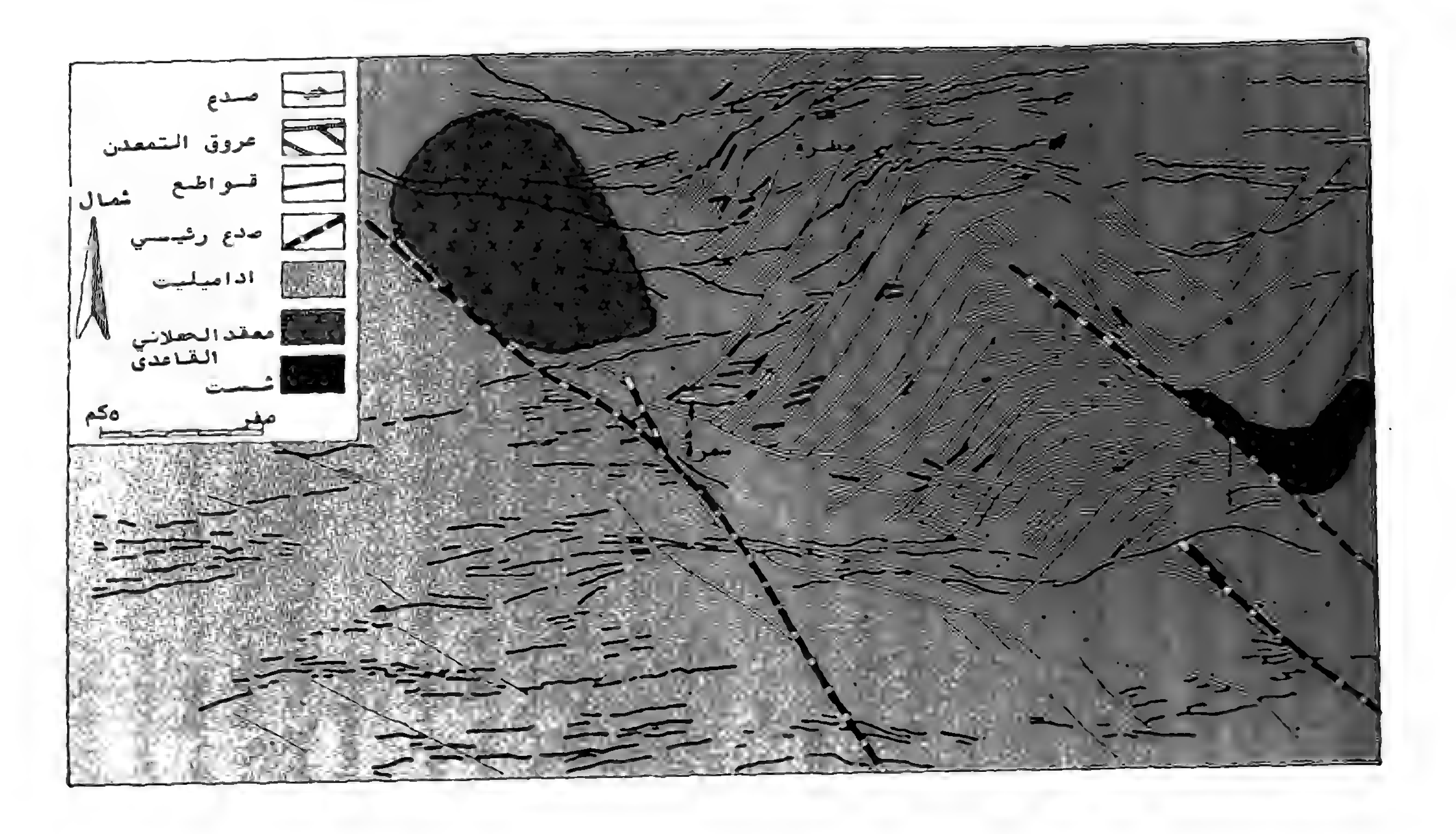
بلغت أعماق بعض الآبار فيها ٧٠ مترا مع وجود أنفاق تحت سطح الأرض تصل ما بين هذه الآبار.

وجميع المناجم القديمة موجودة ضمن شقوق تحكمت في التمعدن، تتجه هذه الشقوق في الغالب في اتجاه شمال شرق، بالإضافة إلى وجود التمعدن في شقوق تتجه شرق - غرب. ويشكل تقاطع هذين الاتجاهين للشقوق في العادة مراكز تمعدن هامة (شكل ٨) (Al Shanti 1976).

وتتميز العروق الحاملة للفضة بتهشم صخور الجدران. كما أن معادن الفضة المصاحبة لعروق المرو الأبيض أو الرمادي وبعض كبريتيدات الرصاص والزنك والحديد والنحاس، تتمثل في البوليبازيت والأرجنتيت والبايرارجيريت والتتراهيدريت، والفضة الطليقة، والستروميريت مع كميات قليلة من المعادن الأخرى، مثل المجنيتيت، والهيماتيت، والأرزينوبيريت، والبيروتيت، والمليريت. أما المعادن الغثة الموجودة فهي الكوارتز، والكالسيت والكلوريت، والسريسيت، والإبيدوت.

لوحظ أن الشقوق المتمعدنة موجودة ضمن الباثوليث الجرانيتي الذي يحتوي على العديد من المكتنفات من الصخور القديمة القاعدية والرسوبية، كما توجد عروق التمعدن كذلك في صخور متكون الردينية، وقلما توجد في متكون العبط المتحولة. (Al Shanti 1976).

ويعتبر تمعدن الزنك - الرصاص - الفضة الحرمائي العرقي الملازم للشقوق أحد نوعين مختلفي الأصل من التمعدن في المنطقة. ففي تمعدن العروق، يعتقد بأن المحاليل الناتجة عن المحقون الجرانيتي الأخير (القلوي) في المنطقة، قد ساعدت على تركيز عناصر الفلزات من الصخور الرسوبية القديمة، والتي كانت موجودة في حزام يمتد شمالا جنوبا، خلال حركة التجبل الأخيرة، وركزتها في الشقوق مكونة التمعدن العرقي الذي تتميز به منطقة الدوادمي بأكملها (Al Shanti 1976)، وقد أيد إلزاس وأشارد (Elsass and Achard 1983) ذلك بعد اكتشافهم لنسبة من الفضة أعلى من المعتاد في صخور شنست متكون عبط.



شكل (٨) خريطة جيولوجية تركيبية عامة لمواقع تمعدن الفضة في الدوادمي. معدلة من Al Shanti (1976).

أما النوع الثاني من التمعدن فهو أساسا تمعدن للزنك متطبق ضمن الصخور الجيرية لمتكون الردينية نناقشه عند دراسة موقع تمعدن الردينية أحد رواسب الزنك في الدرع العربي.

بعد ترسب المعادن في التشققات عانت هذه المعادن من التشوهات بفعل الحركات الأرضية الأخيرة، وبالتالي أعيد ترسيب بعضها جزئيا، وتعقدت أنسجة المعادن. وتبين منطقة التشققات تغيراً حرمائيا لصخور الجدران، يتراوح عرضه ما بين ١٥ : ٥٠ مترا. وعادة ما تُكوِّن تعرقات الكوارتز شبكة متداخلة بصحبتها معادن الكلوريت والكالسيت.

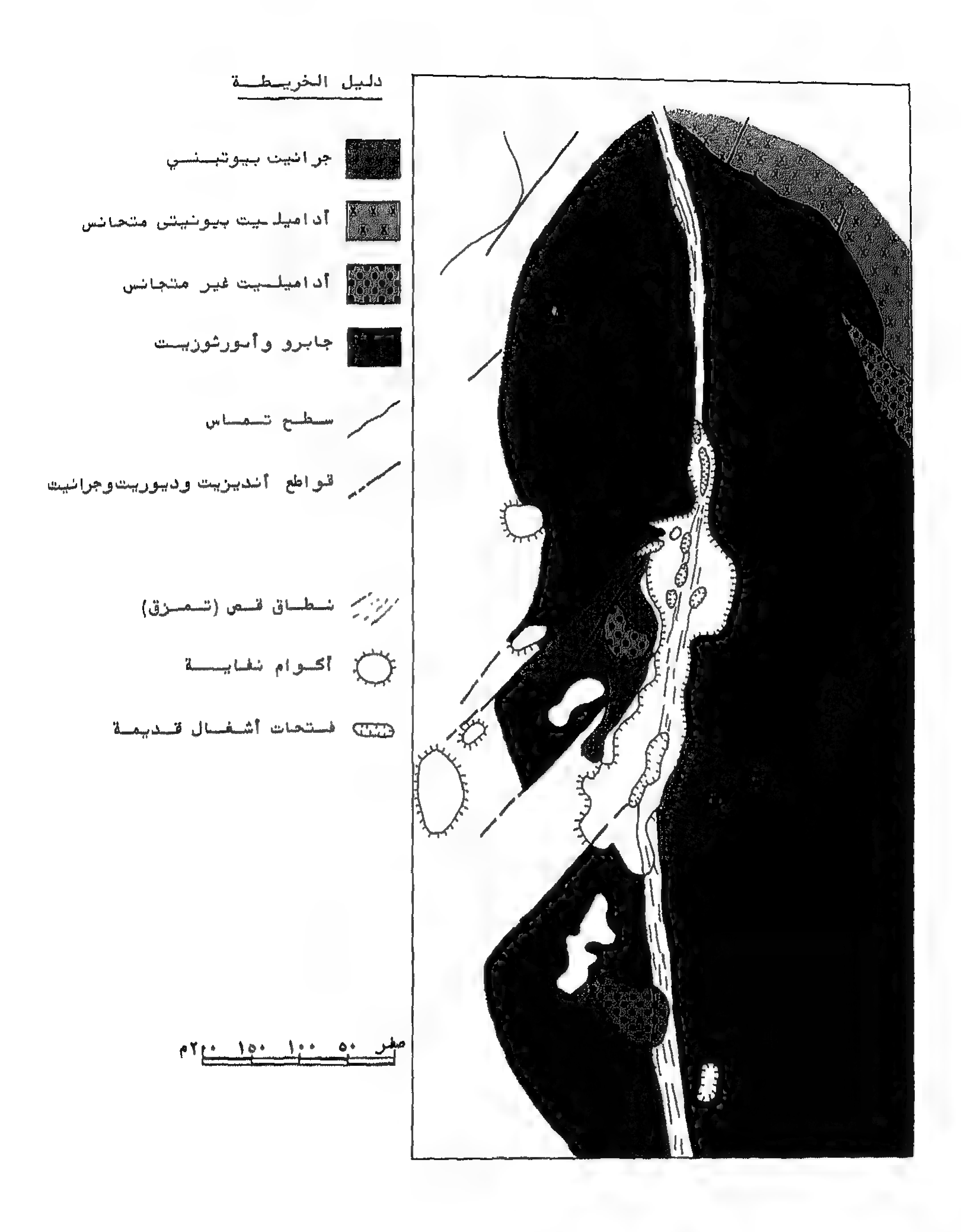
تظهر الصخور الجرانيتية المحتواة ضمن أنطقة التشققات تغير معادن الفلسبار إلى إبيدوت وسريسيت، والبيوتيت إلى كلوريت.

مواقع التمعدن

تشير الدلائل إلى أن القدماء قد استغلوا عدداً قليلا من مجموع مواقع التمعدن المنتشرة في منطقة الدوادمي، وأجروا دراسات تنقيبية فقط على الباقي. قامت المديرية العامة للثروة المعدنية بحفر ما يزيد على ثلاثين ثقبا في بعض هذه المواقع. دلت التحاليل الكيميائية والدراسات المجهرية على أن أربعة من هذه المواقع تحتوي على معادن الفضة وهي سمرة ومطيرة وسميرة وموقع رقم ٤٤، أما المواقع الأخرى فتحتوي على قليل من البيريت، والجالينا، والسفاليريت، والكلكوبيريت. ونظراً لكون الوضع الجيولوجي وطبيعة التمعدن في هذه المواقع متشابهين إلى حد كبير، وكذلك لوفرة المعلومات عن منجم سمرة ونظرا لكونه أهم المواقع المتمعدنة فيها، فسأكتفي به هنا كمثال لمواقع تمعدن الفضة في منطقة الدوادمي.

سمرة Samrah

يقع منجم سمرة على مسافة ١٥ كم جنوب الدوادمي، على خط عرض ٢٢َ ٢٤ْ شمالا وخط طول ٢٢َ ٤٤ْ شرقا. وهو منجم قديم استغل في عهد الدولة الأموية وأوائل العباسية. يوجد التمعدن في نطاق صدع تمزقي مُنْحنٍ، بطول ٤٠٠م يتجه شرق



شكل (٩) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن سمرة – الدوادمي . مبسطة عن Al Shanti (1976) .

شمال شرق . ويتمركز معظم التعدين القديم في تقاطع الصدع التمزقي المذكور مع شقوق تمددية (extension fractures) متجهة إلى الشمال والشمال الشرقي (شكل ٩) (Al Shanti 1976) .

ويتكون التمعدن من السفاليريت ، والجالينا، والبيريت، والأرزينوبيريت، والكلكوبيريت، والمجنيتيت، والتتراهيدريت، والبوليبازيت، والبيرارجيريت، والأرجنتيت، والفضة، والستروميريت. أما المعادن الغثة فتتمثل في الكلوريت والإبيدوت، والكالسيت والسيليكا، والسربنتين.

ويقدر احتياطي الخام بحوالي ٤٠٠ ألف طن تحتوي على ١٤ أوقية/ طن فضة و٥٪ زنك و١٣٪ رصاص، مع قليل من الذهب (Kiilsgaard 1968) .

أصل التمعدن ونشأته: يُعزى التمعدن في منطقة الدوادمي بصفة عامة إلى محقونات صخور الجرانيت القلوية، حيث قامت المحاليل الحرمائية الصهارية بالإضافة إلى الماء الأرضي ، باستخلاص عناصر الفلزات المشكلة للتمعدن من الصخور الرسوبية القديمة، ثم رسبتها في التشققات والصدوع السابقة الوجود . وقد تلى ترسب هذه المعادن الفلزية تجدد الحركة على هذه الشقوق مما سبب تكوّن البريشيا وتركز المعادن أو تزحزحها من مواقعها الأولية (Al Shanti 1976) .

٢) منطقة النقرة Nugrah

بالإضافة إلى منطقة الدوادمي، التي تعتبر المنطقة الرئيسة لتمعدن الفضة في الدرع العربي ، توجد مواقع أخرى تكون الفضة فيها فلزا مصاحبا للذهب أو النحاس أو الزنك . ومن أهم هذه المواقع منطقة النقرة (Maclean 1958) .

تتكون منطقة النقرة من النقرة شمال والنقرة جنوب وموقعهما كالتالي :

	خط طول	خط عرض
النقرة شمال	٤١ ٢٦ ٣٠	٢٥ ٣٨ ٣٠
النقرة جنوب	٤١ ٢٦ ٣٠	٢٥ ٣٥ ٣٠

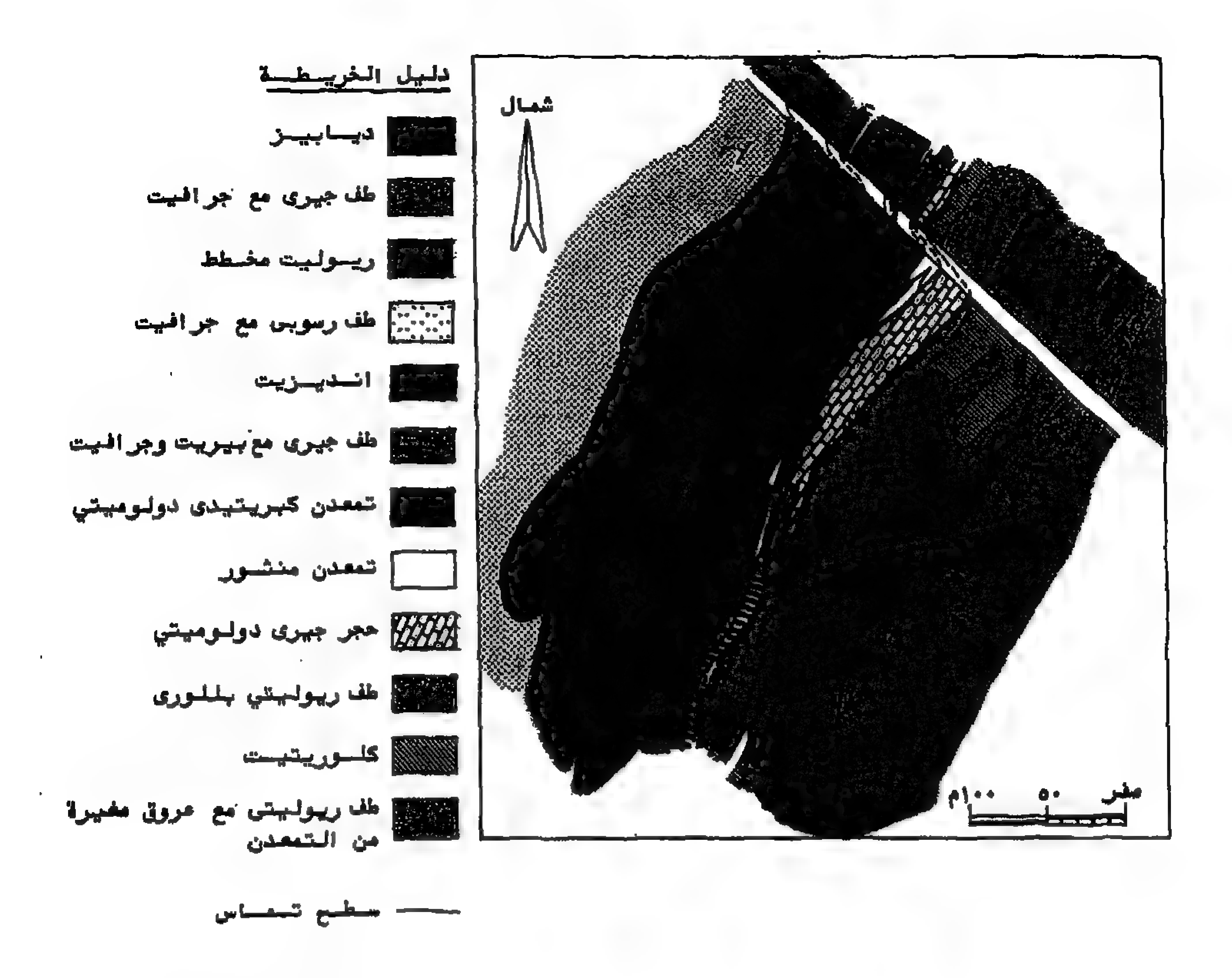
وهما على بعد ٢٢٠ كم شمال شرق المدينة المنورة و٥١٠ كم شمال شرق جدة وعلى ارتفاع ٩٠٠ م عن سطح البحر وهما في سهول نجد.

والصخور الموجودة في منطقة النقرة متحولة إلى سحنة الشست الأخضر ومتأثرة بالتشوه من طي وتصدع. وتشتمل، من أسفل إلى أعلى، على الطّف الريوليتي الكلوريتي وبريشيا الريوليت التي تحتوي على البيريت المنثور، ثم الحجر الجيري المتحول، والطّف الجرافيتي، والصوان، ثم جسم الخام العدسي الشكل، فالأنديزيت، فالطّف الريوليتي الملتحم، وتتبع جميعها متكون النقرة وهو المتكون العلوي من مجموعة الحليفة (شكل ١٠).

ويمثّل التمعدن بحبيبات دقيقة من الكبريتيدات الموجودة في طبقات دقيقة تتكون من البيريت والسفاليريت والكلكوبيريت وبعض الجالينا المصاحبة للمعادن الغثة مثل الكلوريت والجرافيت والكربونات. كما يوجد الكلكوبيريت كذلك في عريقات دقيقة لاحقة قاطعة التطبق الدقيق. أضف إلى ذلك وجود بعض المعادن الأخرى بكميات ضئيلة مثل البيروتيت والأرزينوبيريت والموليبدينيت وبعض التيلوريدات وبعض الذهب الطليق (Delfour 1975) .

يقدر احتياطي الخام في النقرة جنوب بمليون طن تحتوي على ٠,٨٪ نحاس، ١,٨٪ رصاص، ٥,٦٪ زنك، ٤,٣٩ جم/ طن ذهب، ٢٢٠ جم/ طن فضة (Delfour 1975) . أما بترومين – جرانجز (Petromin - Grangez 1985) فقد قدرت الاحتياطي بـ ٤٦٦,٣٠٠ طن تحتوي على ١,٥٪ نحاس و٤,٣٪ رصاص و١١,١٪ زنك و٦,٨ جم/ طن ذهب و٤٣٣ جم/ طن فضة، وذلك بعد إجراء دراسات سطحية وتحت سطحية مستفيضة.

أما في النقرة شمال فيقدر الاحتياطي بـ ٤٠٠,٠٠٠ طن تحتوي على ٠,٧٪ نحاس و١,٢٪ زنك؛ و٢,٥ جم/ طن ذهب و ٢٣٠ جم/ طن فضة (Delfour 1975) .



شكل (١٠) خريطة جيولوجية على سطح مائل ٥٠ درجة غرباً عن المستوى الأفقي لتمعدن النقرة الجنوبية . معدلة من (1983) Delfour .

عناصر مجموعة البلاتين
Platinum Group Elements

تضم مجموعة البلاتين الفلزات أوزميوم Os (osmium) ، إريديوم (iridium) Ir ، بلاديوم Pd (palladium) ، روديوم Rh (rhodium) ، روثينيوم Ru (ruthenium) بالإضافة إلي فلز البلاتين Pt (platinum) .

وهذه الفلزات عناصر نفيسة على الرغم من تزايد استعمالها في الأغراض الصناعية إذ تستعمل في صناعة مرشحات عوادم السيارات، والمزدوجات الحرارية ،

والإلكترودات، وكعامل مساعد في تحضير حمض النيتريك، وكذلك في الصناعات الطبية، والأسنان، وغيرها من المجالات، هذا بالإضافة إلى استعمال البلاتين في الحلى وأغراض الزينة حيث يناسب لونه وبريقه صياغته مع الماس.

وعناصر مجموعة البلاتين تتميز بثقلها النوعي ومقاومتها الشديدة للعوامل الجوية، وكذلك للأحماض والمواد الكيميائية ما عدا البلاديوم. كما تتميز أيضا بدرجات انصهار مرتفعة (١٥٤٩ - ٢٧٠٠°م).

ويأتي معظم إنتاج البلاتين في العالم من الاتحاد السوفيتي (٤٥٪) وجنوب إفريقيا (٤٥٪) وكندا (٧٪)، ويصل الإنتاج العالمي (١٩٨٨م) إلى حوالي ٤ مليون أوقية تروي (Troy Ounce)

توجد عناصر مجموعة البلاتين (Pt, Pd, Ru, Os, Rh, Ir) في الطبيعة على هيئة سبائك مع الحديد والنحاس وفلزات أخرى بنسب مختلفة، توجد من ضمنها سبيكتان رئيستان هما: البلاتين (أساسًا بلاتين مختلط بنسب مختلفة من الخمسة فلزات) وأوسميريديوم (أساسًا أوزميوم وإريديوم مختلطان بنسب مختلفة من الروديوم والروثينيوم والبلاديوم).

كما توجد فلزات البلاتين على هيئة معادن ذات تركيب متفاوت ولكن التغير في التركيب الكيميائي لتلك المعادن أقل كثيراً من السبائك المشار إليها أعلاه. نلاحظ أن البلايديوم يظهر في التركيب المعدني بصورة أكثر بكثير من باقي فلزات البلاتين، ويرجع ذلك إلى مقاومته الضعيفة لتأثير المذيبات الحمضية والقلوية.

توجد فلزات البلاتين أيضًا على هيئة إحلال ذرى لكاتيونات معادن خامات عديدة مثل البنتلانديت والكلكوبيريْت والسفاليريْت والبيروتيْت، وأيضا معادن صخور البريدوتيْت والجابرو والبيْروكسينيْت. ثم معادن سبيرّيليْت sperrylite ($PtAs_2$) وكوبيريت cooperite (PtS) واستبيوبالادينيت stibiopalladinite ($Pd_5 Sb_2$) وبراجيت (Pt Pd Ni) S braggite.

ويقتصر وجود البلاتين في الطبيعة على صحبة الصخور القاعدية وفوق القاعدية مع الكروم والحديد التيتاني، والنيكل، والنحاس - نيكل - كوبلت أو النحاس - نيكل. ودائما ما تكون رواسب المراقد للبلاتين placer deposits مشتقةً من صخور قاعدية وفوق قاعدية.

البلاتين في المملكة العربية السعودية

لم يكتشف البلاتين على وجه اليقين في صخور الدرع العربي حتى الآن، ومع ذلك يمكن توقع وجوده في أحزمة الدروز الأفيوليتية (ophiolitic sutures) بصحبة الصخور فوق القاعدية لتتابعات الأفيوليت، وكذلك في المحقونات القاعدية - فوق القاعدية المتطبقة حيث ينفصل عن الصهارة أثناء تفارقها ويتركز في طبقة أو أخرى من المحقون (كما هي حالة وجوده في الميرنسكي ريف (Merensky Reef) في محقون بوشفيلد (Bushveld) بجنوب أفريقيا.

وقد قامت المديرية العامة للثروة المعدنية في السنوات الأخيرة بدراسات استكشافية لمصادر مجموعة فلزات البلاتين في المملكة، وجمعت عينات من المعقدات الأفيوليتية. بينت تلك الدراسات وجود البلاتين في عدسة الكروميت بجبل الوصق (١٦٠ جزءًا في البليون) وفي منطقة طلوحة (٧٢٠ جزءًا في البليون) كما تم التعرف على سبائك روثينريدوسمين rutheniridosmine $Ru_{.36}$ $Ir_{.26}$ $Os_{.06}$ وإريدوسمين iridosmine $Ir_{.44}$ $Os_{.51}$ $Ru_{.05}$ ومعدن لوريت laurite($Ru_{.12}$ $Ir_{.02}$ $Os_{.02}$) S_2 (Legendre 1982 و Chevremont 1983، و Chevremont & Cassard 1986). احتوت عينات الكروميت بجبل إس على ٢٧ جزءًا في البليون بلاتين، ٢٠ جزءًا في البليون روثينيوم و ٣٣٠ جزءًا في البليون ذهب.

أثبتت دراسة عينات المجنيتيت التيتاني والكبريتيدات والجوسان لمنطقة وادى خمال وجود الروثينيوم بنسبة تصل إلى ١٤٠ جزءًا في البليون. كما أن إحدى عينات الجوسان أعطت قيمًا عالية جدًا (بلاتين ٧,٢ جم/ طن، بلاديوم ٠,٨٢ جم/ طن) (وذهب ٦,٢ جم/ طن) (Chevremont & Cassard 1986).

الفصل الثاني

الفلزات غير الحديدية

Nonferrous Metals

■ النحاس ■ الزنك والرصاص ■ القصدير ■ الألومنيوم .

يندرج تحت هذه المجموعة رواسب النحاس والرصاص والزنك والقصدير والألومنيوم، وكلها موجودة ضمن الرواسب المعدنية في المملكة (شكل ١) .

النحاس Copper

النحاس من أقدم الفلزات التي عرفها واستخرجها الإنسان، وكانت معرفته بمعادنه وصناعة سبائكه نقطة انتقال له من العصر الحجري إلى العصر البرونزي. وكان يُنتج النحاس بكميات قليلة إلى أن وصل إنتاجه السنوي إلى ١٨,٢٠٠ طن في عام ١٨١٠، وبدأ الإنتاج يتزايد بعد ذلك حتى وصل إلى ٧,٥ مليون طن سنويا في ١٩٨٠ . وأهم الدول المنتجة للنحاس هي الولايات المتحدة الأمريكية (١٨٪ من الإنتاج العالمي)، تشيلي (١٤٪) ، زامبيا (١١٪)، كندا (١٠٪)، الاتحاد السوفيتي (١٠٪)، زائير (٦٪) ، بيرو (٤٪) استراليا (٣٪)، جنوب إفريقيا (٢٪)، اليابان (٢٪).

والنحاس فلز ثقيل كثافته ٨,٩ جرام/ سم^{3} وقابل للطرق والسحب وصلابته ٢,٥ - ٣. وهو جيد التوصيل للكهرباء والحرارة، ولا يتفوق عليه في ذلك إلا الفضة.

يوجد النحاس في خاماته المستغلة اقتصاديا في عديد من الصور، فقد يكون

طليقا، أو على صورة كبريتيدات، أو خامات مؤكسدة، أو خامات مركبة. ويتطلب كلٌّ من هذه الأنواع معالجة ميتاليرجية خاصة للحصول على الفلز منه. وتعتبر الكبريتيدات أهم معادن النحاس، أما الخامات المركبة فهى تلك التي تحتوي على الرصاص والزنك وبعض الفضة والذهب بالإضافة إلى النحاس. وهناك حوالي ١٦٥ معدنا تحتوي على فلز النحاس إلا أن أهمها من الناحية الاقتصادية هي المعادن الآتية:

المعـــــــدن		التركيب	النسبة المئوية
معادن طليقة			
نحاس طليق	native copper	Cu	٪١٠٠
كبريتيدات			
كلكوبيريت	chalcopyrite	$CuFeS_2$	٪٣٤,٥
بورنيت	bornite	$Cu_5 FeS_4$	٪٦٣,٣
كلكوسيت	chalcocite	Cu_2S	٪٧٩,٨
كوفيليت	covellite	CuS	٪٦٦,٤
أنارجيت	enargite	$Cu_3 AsS_4$	٪٤٨,٣
تتراهيدريت	tetrahedrite	$Cu_8 Sb_2 S_7$	٪٥٢,١
تينانتيت	tennantite	$Cu_8 As_2 S_7$	٪٥٧,٠
معادن مؤكسدة			
كيوبريت	cuprite	$Cu_2 O$	٪٨٨,٨
تينوريت	tenorite	CuO	٪٧٩,٨
ملاكيت	malachite	$CuCO_3 . Cu(OH)_2$	٪٥٧,٣
أزوريت	azurite	$2 CuCO_3 . Cu(OH)_2$	٪٥٥,١
كريزوكولا	chrysocolla	$CuSiO_3 . 2H_2 O$	٪٣٦,٠
أنتليريت	antlerite	$Cu_3 SO_4 (OH)_4$	٪٥٤,٠
بروكنتيت	brochantite	$Cu_4 SO_4 (OH)_6$	٪٥٦,٢
أتاكميت	atacamite	$CuCl_2 . 3Cu(OH)_2$	٪٥٠,٤

وأهم المعادن الغثة المصاحبة لتمعدن النحاس هي الكلوريْت والكوارتز والكالسيْت والدولوميْت والباريْت ومعادن الزيوليْت.

وتختلف رتبة خام النحاس المستغلة باختلاف نوع الخام، فمن الممكن أن تستغل رواسب النحاس الطليق حتى لو وصل تركيز الفلز فيها إلى ٤ , ٠٪، وخامات الكبريتيد البسيطة تستغل بنسبة ٥ , ٠٪ أو أقل. وقد تصل الخامات الغنية من النحاس (نواتج الإثراء التالي supergene enrichment) مثلا إلى ما يقارب ١٠٪ نحاس. ويتوقف حد التعدين (cut-off grade) على عوامل عديدة من أهمها كمية احتياطي الخام الموجودة.

تصهر الخامات الغنية (٤٪ أو أكثر نحاس) مباشرة لتفادي الفقد أثناء عمليات التركيز، أما الخامات الفقيرة فتجرى عليها عمليات التعويم (flotation) لو كانت كبريتيدية، أو عمليات الإذابة بالإحماض لو كانت مؤكسدة. ومن الممكن التحكم في عمليات تعويم خامات الكبريتيد للتخلص من البيريْت والبيروتيْت وعزل كبريتيدات الرصاص والزنك.

والنحاس من أهم دعائم الصناعة الحديثة، ويزداد استخدامه مع التوسع في استعمال الطاقة الكهربائية وفي الاستعداد للحروب. وتستهلك الولايات المتحدة منه ما بين ٢ و ٥ , ٢ مليون طن سنويا. وتصنع أسلاك التوصيلات الكهربائية من النحاس الخالص. وتصنع من الفلز سبائك مهمة مثل النحاس الأصفر (براس brass وهو سبيكة من النحاس مع بعض الزنك) والبرونز (نحاس ٨٨٪ وقصدير ١٠٪ وزنك ٢٪) كما تصنع سبائك أخرى بإضافة النيكل أو الألومنيوم أو الزرنيخ أو غيرها.

ورواسب النحاس متعددة الأنواع والبيئات الجيولوجية، ومن أهمها:

- الرواسب الصهارية (magmatic deposits) للنحاس والنيكل مثل سدبري بكندا.
- رواسب الاستبدال الميتاسوماتي على نطاقات التماس (contact metasomatic) مثل منجم بنجام بالولايات المتحدة.
- رواسب النحاس البورفيري (porphyry copper deposits) مثل بزي بي في

أريزونا - بالولايات المتحدة .

■ خامات رسوبية متطبقة (stratiform sedimentary) مثل كوبرشيفر بألمانيا .

■ كبريتيدات كتلية بركانية رسوبية (volcanosedimentary massive sulphide deposits) مثل ، رواسب قبرص وجبل صايد بالمملكة العربية السعودية .

■ رواسب بكتيرية الأصل (bacteriogenic) مثل راسب مونت أيزا في إستراليا .

■ رواسب الإثراء التالي (supergene enrichment) في كثير من رواسب النحاس البورفيري مثل بيوت - مونتانا بالولايات المتحدة .

■ رواسب العروق (vein deposits) مع الفلزات النفيسة وفلزات القاعدة الأخرى كما هو الحال في مهد الذهب والأمار بالمملكة العربية السعودية .

النحاس في المملكة العربية السعودية

اكتشف النحاس واستغل في مناطق عديدة من المملكة منذ القدم خاصة من المناجم التي يوجد فيها مصاحبا للذهب والفضة .

ومعظم رواسب النحاس في المملكة من الخامات المركبة حيث يصاحبه بعض الزنك وقليل من الرصاص والذهب والفضة ، وهي من نوع الكبريتيدات الكتلية البركانية الرسوبية المصاحبة للبركانيات الحمضية والصخور البركانية والفتاتية . ومن أمثلة هذا النوع جبل صايد ومنطقة المصانع . كما يوجد النحاس أيضا في العروق الحاملة للذهب والفضة كما في مهد الذهب والأمار . أما رواسب النحاس البورفيري ، فلم يعثر عليها حتى الآن بالمملكة . وفيما يلي نعرض لبعض أهم مواقع تمعدن النحاس في الدرع العربي بالمملكة .

١) جبل صايد Jabal Sayid

يحتوي جبل صايد على أكبر رواسب فلزات القاعدة المصاحبة للبركانيات في

المملكة. ويقع على بعد حوالي ٤٠ كم إلى الشمال من مهد الذهب و ٣٠٠ كم شمال شرق مدينة جدة. عرف تمعدن النحاس واستغل بالمنطقة منذ أزمنة قديمة كما تدل على ذلك الحفر والنفايات وخبث الأفران الموجودة هناك. تم استكشاف المنطقة في عام ١٩٦٤ من خلال برنامج مكثف للأبحاث الجيولوجية والجيوفيزيائية والتنقيبية (Shepherd 1964). وخلال السنوات التالية أدى هذا البرنامج إلي اكتشاف ثلاثة مكامن للتمعدن مصاحبة لمنكشفات جوسانية ومكمن واحد غير مصاحب لتمعدنات أو دلالات سطحية.

يقع تمعدن جبل صايد في الجزء الأعلى من متكون صايد، وهو الوحدة السفلى الفلسية لمجموعة العرج، والتي يعتقد بأنها تكونت تحت ظروف أقواس جزر. ويشمل متكون صايد تتابعا من الريوليت القلويّ والصخور البركانية الفتاتية الفلسية. توجد مكامن الخام على حد التماس بين متكون صايد والفترة الترسيبية التي تعلو هذا المتكون، فوق تراكم من الصخور البركانية الفتاتية الفلسية، حيث تشغل فترة في التتابع مميزة بالترسبات الكيميائية الممثلة بطبقات متقطعة من الصوان والجاسبر والصخور الجيرية والكبريتيدات، تعلوها صخور طينية حاوية للبيريت وفيوض من الريوليت الشريطي السريان (flow banded rhyolite) وبعض الأجلومريت والطفّ دقيق التحبب والطف اللوبيبي (lapilli) (شكل ١١) (Sabir 1975).

وتشغل البركانيات الفلسية لمتكون صايد لُبّ قبة أو بنية محدبة تضم عددا من الأجسام دقيقة التحبب من الصخور الفلسية التي تتميز بوجود بلورات ظاهرة من الكوارتز. وقد تكون هذه الصخور البورفيرية الحاوية لعيون الكوارتز، كتلا تحت بركانية مماثلة لمحقون الداسيت البورفيري الحاوي لبلورات ظاهرة من الكوارتز والموجود إلى الشمال الغربي من الأجسام المتمعدنة. ووجود مثل هذه الصخور ذات العيون من الكوارتز ظاهرة شائعة في أنحاء عديدة من العالم بصحبة رواسب الكبريتيدات الكتلية بركانية الأصل(Hopwood 1979).

طبيعة الخام : الراسب المعدني في جبل صايد هو راسب لفلزات القاعدة (base metals) بركاني الأصل، من عدسات طبقية من الكبريتيد الكتلي البركاني الزفيري، متوافقة ومتكاملة مع الصخور الرسوبية الكيميائية والطفال الجرافيتي البيريتي. يميز هذا التمعدن والصخور الكيميائية الرسوبية المصاحبة فترة ترسيبية أثناء توقف النشاط

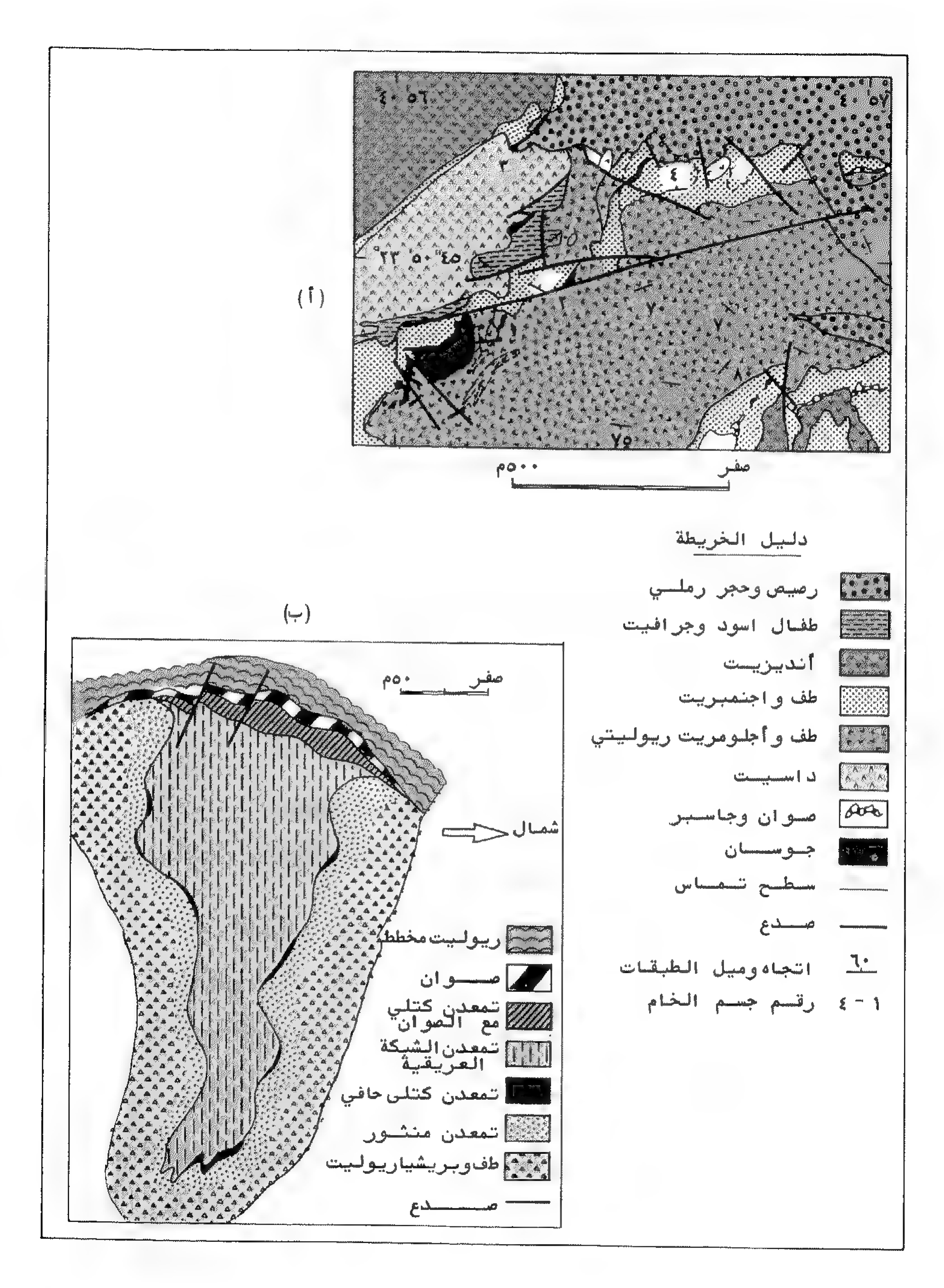
البركاني والانتقال من طبيعة فلسية متفجرة إلى تبركن فلسي تحول إلى بازلتي وأنديزيتي. يوجد أسفل الخام الكتلي مباشرة وفي الصخور البركانية الفلسية التابعة لمتكون صايد أجسام أنبوبية الشكل بها خام في شبه عريقات غنى بالنحاس. تحتوي هذه الأجسام على معظم الخام الاقتصادي الرتبة بالمنطقة (شكل ١١ – ب) (Bowden and Smith 1981).

يُكوِّن الخام الكتلي أجساما عدسية من البيريت مع بعض الكلكوبيريت والسفاليريت والبيروتيت، ويمكن تمييز نوعين من الخام على أساس النسيج (texture) هما : خام بدون بنية محددة (structureless ore) وخام بريشي مهشم (breccia ore). يتكون النوع الأول من تجمعات عشوائية من الكبريتيدات دقيقة التحبب، في حين يتكون النوع الثاني من شظايا زاوية وتحت مستديرة من الكبريتيد في أرضية طَفِّيَّة من الكربونات والكلوريت والجاسبر أو الصوان. يتداخل الخام البريشي جانبيا مع عدسات من الجاسبر أو الصوان، التي تُكوِّن أيضا الحائط المعلق للخام. ويتميز الحد الأسفل للخام الكتلي بوجود بعض الدولوميت ثم أنبوب الشبكة العريقية من الخام، أو (في حالة غياب شبكة العريقات) بتلامس الخام مباشرة مع حائط القدم الخالي من التمعدن. يتميز الخام الكتلي بوجود بعض النطاقية والشريطية وأنسجة أخرى مثل الأشكال الغروية (colloform) والفرامبويد وغيرها. (Staatz and Brownfield 1984).

أما خام الشبكة العريقية (stringer ore) فيتكون من قطرات منثورة وعريقات متفرعة وعروق متصلة من البيريت جيد التبلُّر والكلكوبيريت وقليل من السفاليريت والبيروتيت وآثار من التلوريدات (Sabir 1977).

يصاحب التمعدن تغيرٌ حرمائيٌ كوَّن نطاقا بروبيليتيًا وصحبةً من الكلوريت والسيريسيث والبيريت والكربونات والإبيدوت والهيماتيت، مع إدخال كمية ملموسة من السيليكا.

أما على السطح فيُمثِّل التمعدن بجوسان كُتَليّة من الصوان والليمونيت يغطيها بريشيا من الجاسبر والحجر الجيري (شكل ١١).



شكل (١١) أ - خريطة جيولوجية لموقع تمعدن النحاس في جبل صايد .
ب - مقطع تخطيطي يوضح تمنطق التمعدن في جبل صايد. معدلة من Bowden and Smith (1981), Sabir (1975) .

الاحتياطيات : تحتوي ثلاثة من الأربعة أجسام المتمعدنة على احتياطيات مهمة على النحو التالي :

التمعـدن	الاحتياطي (مليون طن)	نسبة النحاس ٪
رقم ١	٤	٢
رقم ٢	٢,٥	٣
رقم ٤	١٥	٢,٥ - ٣

وما زال جسم الخام رقم ٤ ممتدا في العمق وربما كان به احتياطيات إضافية أكثر من الـ ١٥ مليون طن المُثبَتة فعليا به (Smith *et al.* 1984) .

نشأة التمعدن في جبل صايد : كما سبق القول ، ينتمي التمعدن في جبل صايد إلى نوع الخامات المعروف باسم الرواسب الزفيرية الرسوبية بركانية الأصل .

ومن هنا يمكن تصور أن عملية تكونه قد مرت بالمراحل الآتية (شكل ١١ ب) .

١ - حقن قبة الريوليت قرب نهاية دورة بركانية ثم تكسُّر هذا الريوليت انفجاريا بفعل المتطايرات الحبيسة به .

٢ - توقُّف النشاط البركاني وبدء تكوُّن النطاق الترسيبي من الصوان والجاسبر والكربونات ، وفي نفس الوقت بدء تخلل ماء البحر - عبر الشقوق والكسور - إلى أعماق في التتابع البركاني تحت قاع المحيط .

٣ - بعد ما تركز الماء وزادت درجة حرارته ، بدأ رحلته في الصعود إلى قاع المحيط بتيارات الحمل على هيئة زفرات بركانية محملة بمكونات الراسب المعدني .

٤ - ترسُّب الكبريتيدات في هيئة عدسات متوافقة مع رسوبيات الصوان والجاسبر والكربونات . ويمثل نطاق العريقات الشبكية ، المسارات التي سلكتها الزفرات البركانية في صعودها . كما يدل التغير الكلوريتي والسيليسي والبروبليتي في الريوليت

على طبيعة وحرارة هذه المحاليل.

٥ - بعد تكوُّن الرواسب الكتلية بالترسيب مباشرة على قاع البحر، وتكوُّن رواسب العريقات الشبكية بملء الشقوق المفتوحة التي صعدت منها المحاليل، تعرضت أجسام الخام والصخور المضيفة لها لعمليات الطي والتصدع ثم التعرية.

٦ - تأكسد الأجزاء المكشوفة من الأجسام الكبريتيدية لتكوُّن الجوسان المنكشف على السطح في المنطقة.

٢) الشـــزم Ash-Shizm

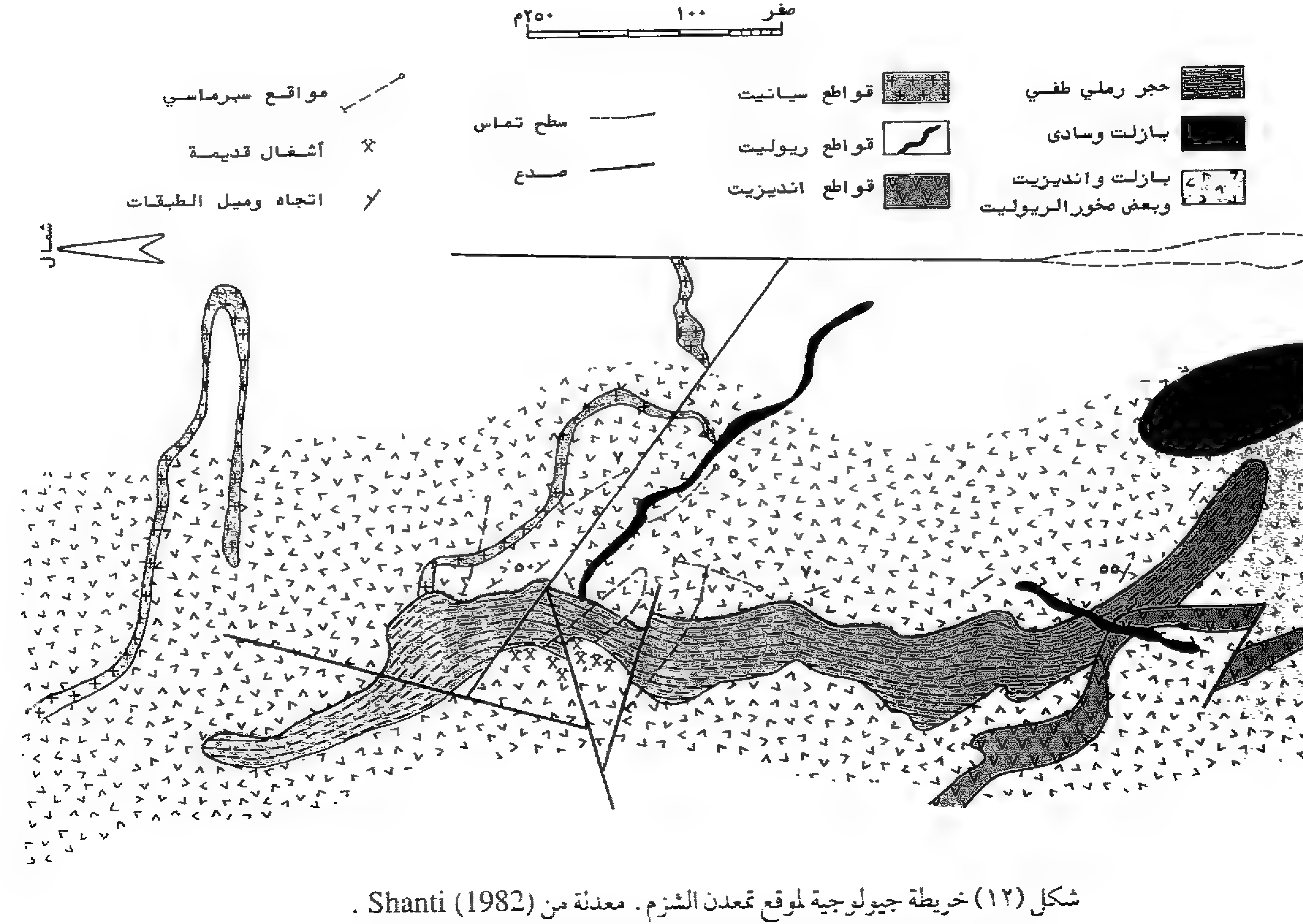
يقع منجم الشزم في وادي الشزم في غرب شمال غرب مدينة العلا على خط طول ٣٢ ̄ ٣٧ ْ شرقاً وخط عرض ٢٧ ̄ ٢٦ ْ شمالاً (شكل ١).

يوجد التمعدن ضمن متكون النقرة، وهو الجزء العلوي من الصخور البركانية والبركانية الفتاتية التابعة لمجموعة الحليفة في المنطقة. يقع التمعدن ضمن طبقات من صخور البازلت الوسادي وفيوض صخور الأنديزيت والريوليت والصوان، ملازما للصخور الحمضية أكثر من غيرها (شكل ١٢). ويعتقد بأن الموقع قد استغل في زمن الدولة العباسية لاستخراج الفضة والنحاس، حيث توجد خنادق وآبار متعددة يصل عمقها أحيانا إلى ثلاثين متراً. كما توجد أكوام النفاية والخبث ومواقع استخلاص المعادن في وادي الشزم بالقرب من الموقع.

توجد منطقة التمعدن متطبقة مع الصخور البركانية، وتعلوها طبقة من الصوان تميل بدرجة ٥٠ - ٧٠ ْ للشمال وتتجه مع الطبقات البركانية باتجاه شرق غرب تقريبا. يبلغ طول المنطقة المتمعدنة ٢٠٠ متر بعرض يصل إلى ثلاثة أمتار تقريبا.

يظهر التمعدن على السطح على شكل نطاق مؤكسد ومتغير حيث تكثر به معادن أكاسيد وكربونات النحاس والحديد المختلفة. يتغير الصخر المضيف إلى اللون الفاتح حيث تكثر به المعادن الطينية والكلوريت والكوارتز الثانوي المصاحب للتمعدن.

أثبتت عمليات الحفر التنقيبي المكثف، أن التمعدن في منطقة الشزم هو تمعدن



شكل (١٢) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الشزم. معدلة من (1982) Shanti .

منثور (disseminated) وشبكة تمعدن عرقية (stringer) في نطاق غني بمعدن الكلوريت . هناك ما يدعو إلى الاعتقاد بأن الصخر الكلوريتي المضيف ، يقع ضمن جسم التمعدن الأنبوبي الموجود عادة تحت عدسات الكبريتيد الكتلي . أما التمعدن الكتلي الذي كان من المفروض وجوده معتليا هذا الأنبوب فغير موجود ، ربما بسبب عمليات التعرية بعد تكونه ، أو انزلاقه جانبيا أثناء مراحل تكونه الأولى وقبل تصلده ، أو أنه لم يتكون أصلا .

والمعادن الموجودة في راسب الشزم هي البيريت والكلكوبيريت والسفاليريت والجالينا والبورنيت والكوفيلّيْت والديجنيت ، أيضا تبين وجود بعض معادن التيلوريدات مثل الهيسيت والألتيت ، وأحيانا يوجد معدن المجنيتيت بصحبة الكبريتيدات ، ويبدو أنه كان أول المعادن المتكونة في الموقع تحت ظروف بيئية مؤكسدة تغيرت لاحقا إلى مختزلة حيث ترسبت الكبريتيدات .

أثبتت التحاليل والدراسات المجهرية وجود اختلافات في نسب المعادن الموجودة ضمن الشبكة العرقية ، مما يؤكد وجود تمنطق رأسي وتمنطق أفقي في جسم التمعدن الرئيس حيث تزداد نسبة الزنك والرصاص كلما ابتعد التمعدن عن المصدر كما هو الحال في معظم أنواع التمعدنات البركانية الأصل .

وهناك تشابه واضح بين نطاقي التمعدن الشبكي في كل من راسب جبل صايد وراسب الشزم من حيث نوع وعمر الصخور (متكون النقرة) ودرجة التحول الإقليمي والتهشم (سحنة الشست الأخضر المتدنية) . وكذلك طبيعة معادن الخام والمعادن الغثة المصاحبة لها (Sabir 1979) .

وقدرت الاحتياطيات بمنطقة الشزم بحوالي ٦٠٠,٠٠٠ طن من الخام الذي يحتوي على ٢,٨٥٪ نحاس و١٪ زنك و٠,١٤٪ رصاص ، بالإضافة إلى ٢٥ جرامًا فضة لكل طن ، ولذا يعتبر هذا الراسب غير اقتصادي تحت الظروف السائدة (Donzeau 1980 a and b) .

٣) أم الشلاهيب Um Ash Shalahib

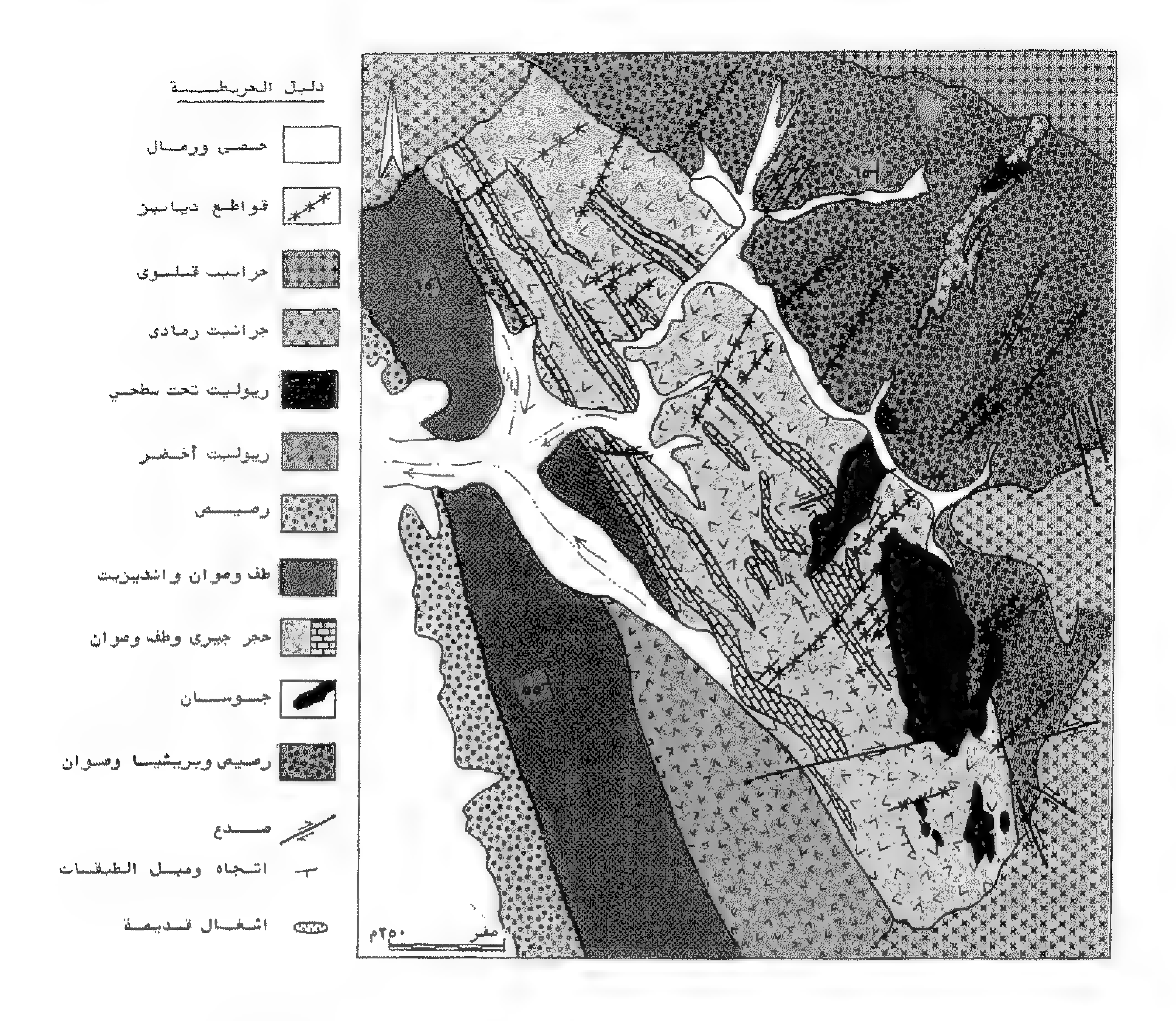
يقع تمعدن أم الشلاهيب على خط عرض ٤٤َ ٢٣ْ شمالا وخط طول ٤٠ً ٥٠َ ٤٥ْ شرقا في حزام من الصخور البركانية والبركانية الرسوبية المتطبقة التابعة لمجموعة الأمار، والتي تكافيء في عمرها كلاً من مجموعة حلبان ومجموعة الحليفة في المناطق الأخرى من الدرع العربي. ويفصلها صدع الأمار - إدساس (درز الأمار) عن مجموعة شست العبط إلى الغرب.

وتشمل الصخور المتطبقة على الطُّف والأجلوميريت الريوليتي المتطبق مع بعض الحجر الجيري والحجر الرملي والرصيص والطُّف الجيري كما توجد بعض عدسات الصوان والطُّف الصواني (شكل ١٣). وجميع هذه الصخور متحولة إلى سحنة الشست الأخضر ومورقة إلى درجة ما، ويتداخلها عدد من الجدد المتوافقة المتطبقة والقاطعة (sills and dikes) من الديابيز والريوليت. وتتميز منطقة التمعدن بمنكشف من الريوليت تحت البركاني (subvolcanic) ينحو شمالا جنوبا تقريبا مكونا شبه قوس، ويتكون أساسا من بريشيا الريوليت ومن قواطع ريوليتية. ويوجد بالمنطقة عدد من الصدوع يسارية الإزاحة تضرب شمالًا ٤٥ْ غربًا وبعض الصدوع الثانوية التي تأخذ اتجاه الشمال ٤٥ْ - ٦٥ْ شرقًا. وقد ترسب جزء من التمعدن في هذه الصدوع والتى عليها تتوزع المناجم القديمة وبعض مواقع الجوسان والتغير الحرمائي حول جسم بريشيا الريوليت، وتتكون من عدد من الحفر والخنادق السطحية التي تتجه شمال شرق. ويمكن تقسيم مواقع التمعدن إلى :

أ - عدد من أجسام الجوسان بملاط سيليسي طيني والملحومة بالسيليكا والطين، يتراوح عرضها بين ٥٠ سم و١٠م (شكل ١٣).

ب - منطقة تأكسد موجودة في نطاق الأشغال القديمة وتمتد إلى عمق أربعين مترا تحت السطح.

ويتكون التمعدن في الحالتين من أكاسيد الحديد (الجيثيت والليمونيت) ومعادن النحاس الثانوية (الملاكيت والكريزوكولا).



شكل (١٣) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن أم الشلاهيب. معدلة من Brosset (1972 b) .

ج - نطاق التمعدن الأولى الذي يقع تحت عمق أربعين مترا من السطح ، ويظهر في العينات اللبية المستخرجة من الحفر الماسي والذي يتكون من بريشيا الريوليت ، ويحتوي على عريقات من الكبريتيدات والمجنيتيت وتمعدن منثور من البيريت ومن المجنيتيت والسفاليريت والكالكوبيريت (Al Shanti *et al.* 1989 ، و Brosset 1972b) .

أصل التمعدن : يعتبر التمعدن في أم الشلاهيب من النوع البركاني الأصل والنشأة ، تكون على شكل أجسام متمعدنة عريقية ومنثورة في جسم بريشيا الريوليت ، الذي يمثل المخرج البركاني الذي منه تكونت طبقات الطَّف الريوليتية في المنطقة . وقد أعيد تحريك بعض هذا التمعدن في وقت لاحق بفعل المحاليل المتخللة ليترسب في بعض الصدوع في المنطقة .

اقتصاديات الموقع : بالرغم من أن منطقة التمعدن واسعة، وبالرغم من وجود عدد من أجسام الجوسان ومن الأشغال القديمة وأنطقة التحول الحرمائية، إلا أن الدراسات التحليلية على هذا التمعدن في السطح، ودراسة اللب الصخري للعدد الكبير من الثقوب في المنطقة لم تنجح في إثبات وجود تمعدن اقتصادي في الوقت الحاضر، حيث قد أمكن تحديد جسم من الخام يحتوي على حوالي ١٣٪ زنك و٣,١٪ نحاس يقدر بـ ٤٠٠,٠٠٠ طن (أربعمائة الف طن) فقط.

٤) أم الدمـــار Um Ad-Damar

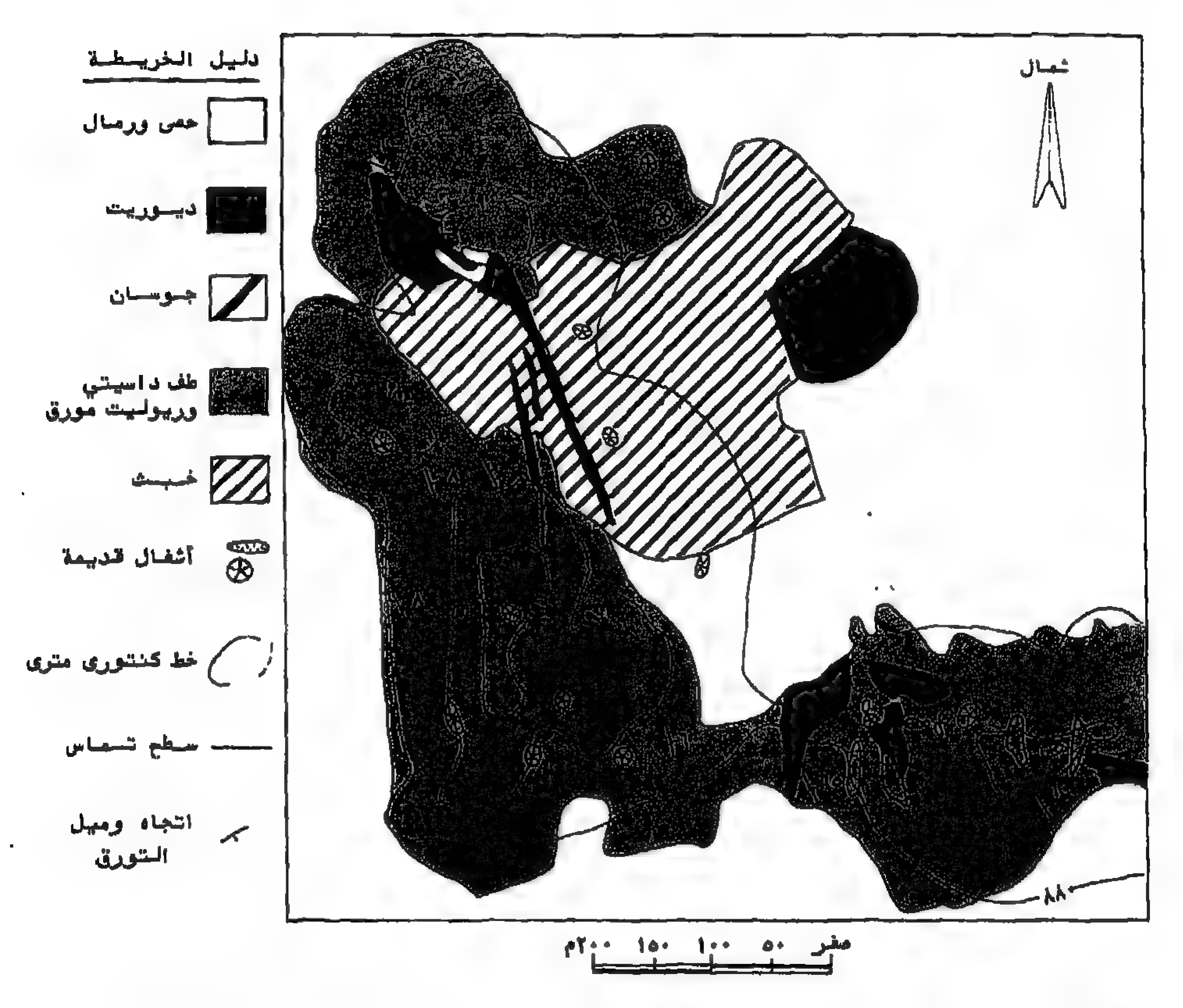
تقع منطقة أم الدمار على مسافة ١٥ كم إلى الجنوب الشرقي من جبل صايد، في تتابع من الصخور البركانية والبركانية الفتاتية من مجموعة الحليفة (متكون النقرة). يتركز تمعدن النحاس في أنطقة تمزق وتهشم في صخور بركانية حمضية من الريوليت بورفري والداسيت والريوليت أجلوميريت والصوان. وهذه الصخور متأثرة بالتحول الإقليمي إلى سحنة الشست الأخضر ومطوية في الموقع الشمالي على هيئة طية محدبة محورها شمال – جنوب.

التمعدن : يوجد التمعدن في منطقتين يفصل بينهما ٢,٦كم (تمعدن أم الدمار الشمالي وتمعدن أم الدمار الجنوبي). يحتوي كل من الموقعين على عديد من الحفر والآبار القديمة، كما توجد في الموقع الشمالي أكوام من الخبث تقدر بحوالي ١٠٠,٠٠٠ طن تغطي مساحة ٣٠,٠٠٠ متر مربع (شكل ١٤)، ويصل متوسط النحاس في هذا الخبث إلى ٠,٨٥٪ (Ahmad 1979).

أما في الموقع الجنوبي فيبلغ طول المنطقة المتمعدنة ٥٠٠ متر ويظهر التمعدن على السطح في شكل أكاسيد حديدية وأكاسيد وكربونات نحاس تحتوى على ١,٨٪ نحاس.

اتخذ التمعدن موقعه في أم الدمار الشمالية في أنطقة التمزق المتجهة شمال – جنوب، نتيجة لتحرك الخام من مواقعه الأصلية من شبكة العروق المغذية في صخور مصدر التبركن. أما التمعدن الكتلي، والذي كان من المتوقع وجوده أعلى شبكة

العريقات، فيبدو أنه لم يتكون أصلا، أو أنه تكون ثم أزيل بعوامل التعرية كما يشير إلى ذلك عدم إحتواء التمعدن على عنصري الرصاص والزنك التي توجد عادة في الأجزاء العليا من الخام الكتلى. والمعادن الأولية الموجودة هي البيريت والكلكوبيريت وقليل من التيلوريدات وأملاح النحاس الكبريتية (Ahmad 1979).



شكل (١٤) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن أم الدمار الشمالية. معدلة من (1971) Duhamel.

يتشابه تمعدن أم الدمار كثيرا مع التمعدن الموجود بجبل صايد خاصة في نوعية الصخور المضيفة والوضع التطبقي. وقد تم إجراء دراسات وحفر عدد من الحفر الماسية في الموقع قطع بعضها ما بين متر إلى خمسة أمتار من التمعدن المنثور، والذي يحتوي على ١٪ - ٩,٢٪ نحاس و٧,٠٪ زنك و٣٠ جرام/ طن فضة. وعلى أساس من أعمال الجيوفيزياء والحفر نستطيع القول بأن تمعدن أم الدمار الشمالية ليست له قيمة اقتصادية في الوقت الحالي (Bowden and Smith 1981).

أما أم الدمار الجنوبية فقد أثبت الحفر التنقيبي وجود مليون طن من الخام الذي يحتوي على ٢٪ نحاس و٢٪ زنك.

والتمعدن هنا وجد في الامتداد الجنوبي الغربي لموقع المنجم القديم وهو على شكل شبكة عريقات مشوهة، يعتقد بأنها جزء من راسب كبريتيدي كتلي، موجود ضمن صخور الداسيت والأنديزيت الفتاتية المتحولة إلى الشست في نطاق التمزق الرئيس من الموقع. أما المعادن الأولية الموجودة هنا فهي البيريت والكلكوبيريت والسفاليريت مع بعض التيلوريدات بالإضافة إلى التلك والكلوريت والكالسيت التي تشكل المعادن الغثة الأساسية.

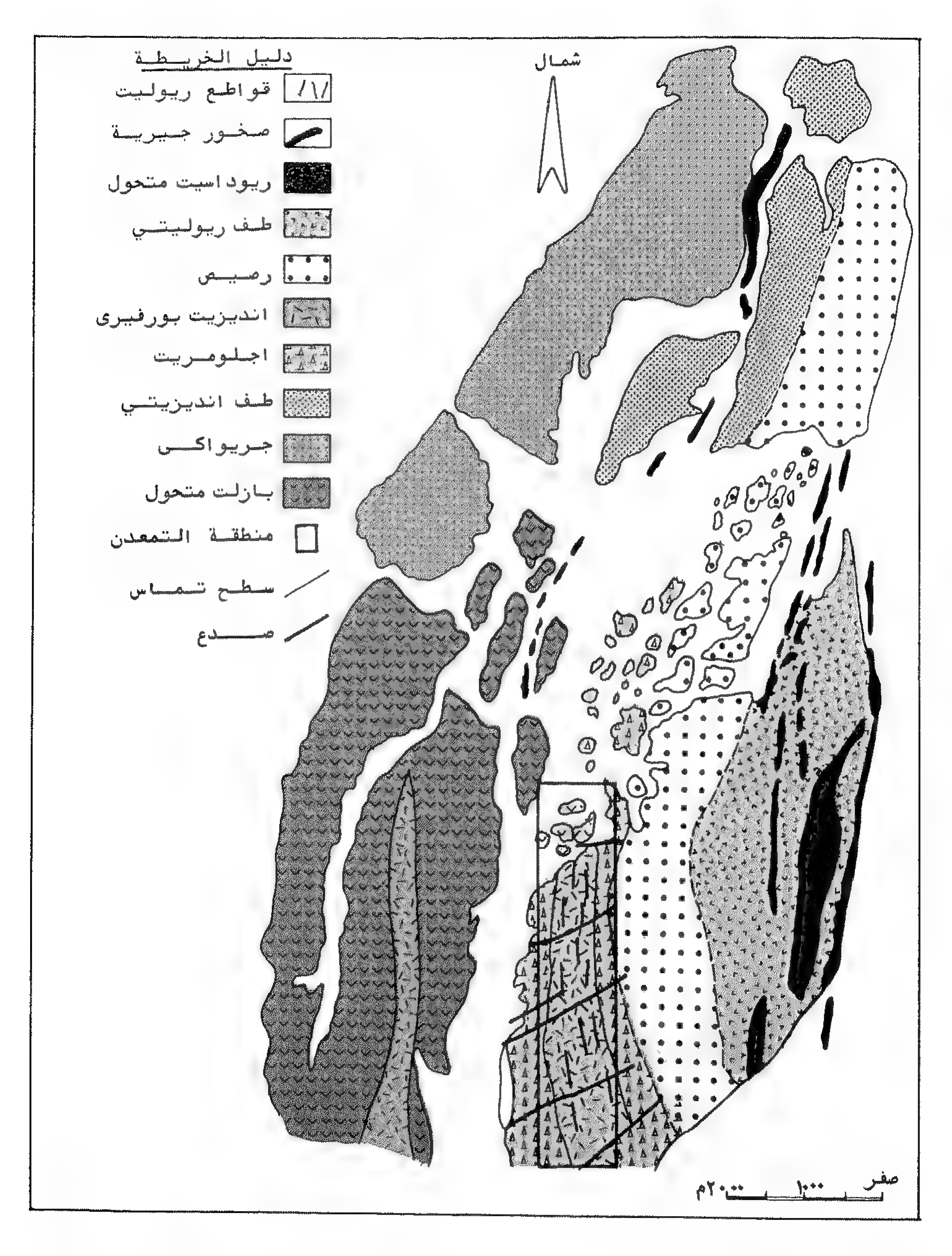
٥) المصينعة Al Musaynaah

يقع تمعدن المصينعة على بعد ٢٥٥ كم شمال شرق المدينة المنورة على طريق حائل – المدينة المنورة وعلى مسافة ٣٠ كيلو مترا جنوب بلدة الحليفة (شكل ١).

والمصينعة، كما يوحي بذلك اسمها، منطقة نشاط تعديني قديم، حيث توجد مناجم وأعمال حفر قديمة موزعة في منطقة طولها ستة كيلو مترات وبعرض يصل إلى ٣٠٠ م (شكل ١٥). كما توجد أكوام كثيرة من الخبث وبقايا المنازل التي تغطي ما يقرب من ٢,٥ كم٢.

تتميز جيولوجية المنطقة بوجود كل من المتكون السفلي (عفنة) والمتكون العلوي (نقرة) لمجموعة الحليفة البركانية والبركانية الرسوبية في المنطقة. وتتمثل بصخور فتاتية وبركانية قاعدية إلى حمضية التركيب. تعرضت المنطقة للتحول لسحنة الشست الأخضر المنخفضة كما اعتراها تشوه واضح (Tayib and Al Shanti, 1983 ، و Delfour 1967 & 1968).

التمعدن من النوع العرقي (vein type)، حيث تمتد العروق إما شمالا – جنوبا موازية تقريبا للاتجاه الرئيس لتطبق البركانيات أو شمال شرق قاطعا للتطبق. والتمعدن محكوم في غالب الأحيان بالصدوع والكسور أو حواف الجدد القاطعة.



شكل (١٥) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن النحاس في مصينعة الشمالية معدلة عن Tayib and Al Shanti (1983).

يحتوي التمعدن على البيريت والكلكوبيريت والمجنيتيت المنثور أو في تجمعات أو في عريقات في الصخور المضيفة. أما المعادن الغثة فتشمل الكالسيت والكلوريت والإبيدوت والكوارتز.

ويعتقد بأن التمعدن بركاني النشأة، تكوّن بصحبة البركانيات في هيئة معادن منثورة أو مكونة شبكة ضعيفة من العريقات، ثم تحرك بعد تكونه ليتجمع في الصدوع والتشققات بفعل المحاليل الحرمائية اللاحقة.

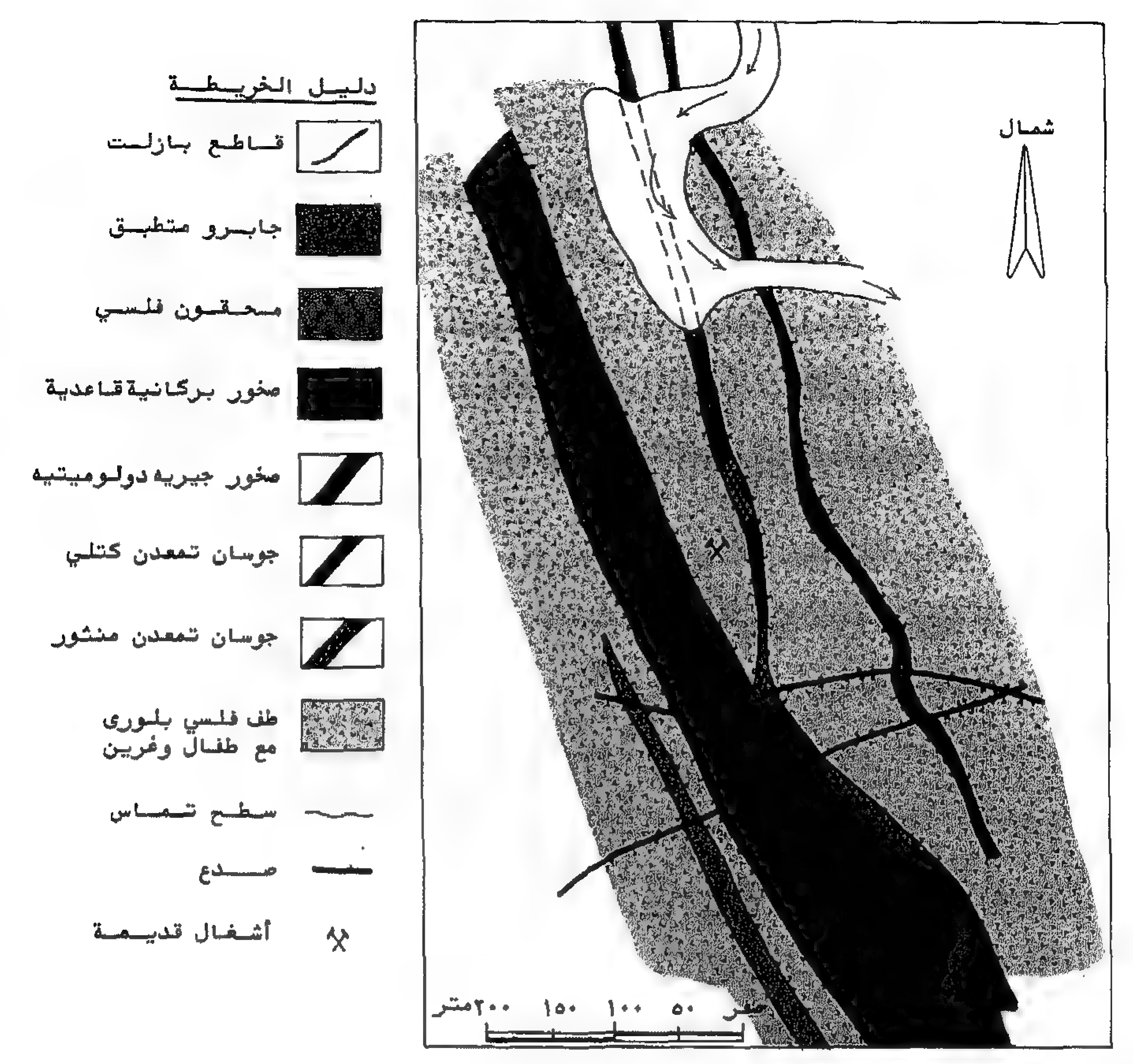
وبالرغم من أن منطقة التمعدن واسعة إلا أن مكامن التمعدن صغيرة ومحددة وموزعة على نحو واسع، وتركيز الفلزات بها قليل لدرجة لا تجعلها ذات قيمة اقتصادية في الوقت الحاضر (Tayib and Al Shanti 1983).

٦) المصانع Al Masane

يقع تمعدن المصانع في أقصى جنوب غرب المملكة، شمال شرق مدينة نجران بالقرب من الحدود مع جمهورية اليمن على خط عرض ٢َ ١٨ْ شمالا وخط طول ٥٩ْ ٤٣َ شرقا (شكل ١)، ويؤخذ من الاسم بأنها مناجم قديمة أطلق عليها اسم المصانع، بقى منها أشغال ومناجم سطحية.

وتقوم شركة الدرع العربي للتعدين (Arabian Shield Company) على دراسة مواقع التعدين هذه والتنقيب فيها بالإضافة إلى مناطق ملاصقة لها ومجاورة بناء على عقد امتياز مع وزارة البترول والثروة المعدنية.

يوجد تمعدن المصانع في منطقة جبلية وعرة مكونة من طبقات شديدة الميل، مطوية بطي متماثل تنحو شمالا – جنوبًا، (شكل ١٦). تشمل هذه الطبقات الطّف البركاني والطفال والغرين تقطعها أجسام من الصخور الجوفية القاعدية. وطبقات الطّف والطفال جزء من دورات ترسيب لصخور بركانية رسوبية متطبقة مع صخور بركانية فلسية في إقليم يغلب عليه وجود البركانيات البازلتية والأنديزيتية المتحولة إقليميا إلى سحنة الشست الأخضر المتدنية.



شكل (١٦) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن وادى صعدة – المصانع . معدلة من Elsass *et. al.* (1983) .

التمعـــدن : أهم المناجم القديمة في المنطقة هي مناجم وادي صعدة والتي حفر معظمها على الأنطقة الحاوية للملاكيت وأكاسيد النحاس ضمن أجسام الجوسان في الوادي في شعب الحوارة القريب منه .

يوجد الجوسان متطبقا ومصاحبا لطبيقات غير سميكة من الحجر الجيري الدولوميتي والطفال الموجود ضمن صخور طفية حمضية وقاعدية . وفي وادي صعدة يمتد منكشف الجوسان لمسافة ٢٠٠ م بعرض يتراوح بين ١٠ و ٢٠ متراً (شكل ١٦)، لذلك يعتبر أكبر موقع تمعدن سطحي في المنطقة .

يأخذ التمعدن السطحي اتجاه شمال جنوب ويميل يصل إلى °٧٥ إلى الغرب :

ويمكن متابعة التمعدن السطحي بصورة متقطعة لمسافة خمسة كيلو مترات تقريبا (Elsass *et al.* 1983) .

دلت التحاليل الكيميائية السطحية على وجود الزنك والنحاس والفضة وقليل من الذهب . وقد تأكد ذلك بتحاليل اللب الصخري التي دلت على وجود معادن البيريت والكلكوبيريت والسفاليريت والتيلوريدات بصفة أساسية . ودلت الدراسات الجيولوجية والجيوفيزيائية المستفيضة وكذلك حفر العديد من الآبار الماسية على جودة المنطقة لإجراء المزيد من الدراسات . وبناء على ذلك قامت شركة الدرع العربي للتعدين بعمل نفق كشفي مائل على التمعدن .

وقد وجد أن التمعدن يشتمل على عدسات من الكبريتيدات المنثورة من البيريت والكلكوبيريت ، يعتليها تمعدن شبه كتلي من البيريت والسفاليريت المتطبق ، بصحبة طبقات جيرية وتَلْك وصوان وكلوريت أسود ، موجودة ضمن طبقة أشمل من البركانيات الفلسية . يَسْفُل نطاق التمعدن وحدة صخرية قاعدية سميكة ، كما يعتليه وحدة صخرية بركانية رسوبية فلسية تحتوي أحيانا على بعض تمعدن البيريت في طبقات من الطفال الأسود (Smith *et al.* 1984) .

ويعتقد المؤلف أن تمعدن منطقة المصانع هو من النوع الكبريتيدى المتعدد الفلزات البركاني النشأة والمتوافق مع تطبق الصخور البركانية والبركانية الفتاتية في بيئة أقواس جزيرية تتبع أقدم الدورات البركانية للدرع العربي .

وفيما يلي اقتصاديات تمعدن المصانع :

الموقع	الاحتياطي مليون طن	نحاس٪	زنك٪	ذهب جم / طن	فضة جم / طن
صنعدة وحوارة	٦	١,٥	٤,٩	١,٢	٣٧,٦
معيض	١,٠٣	١	٧,٦	١,٤	٦٥,٩
المجموع	٧,٠٣				
معدل المحتوى		١,٤٤	٥,٣٣	١,٢٥	٤١,٧٦

هذا ويمكن استخراج ما معدله ١٥٠٠ طن خام يوميًا لاستخراج مركز النحاس والزنك، أما الذهب والفضة فيُستخرجان كناتج جانبي.

٧) الصفرة As Safrah

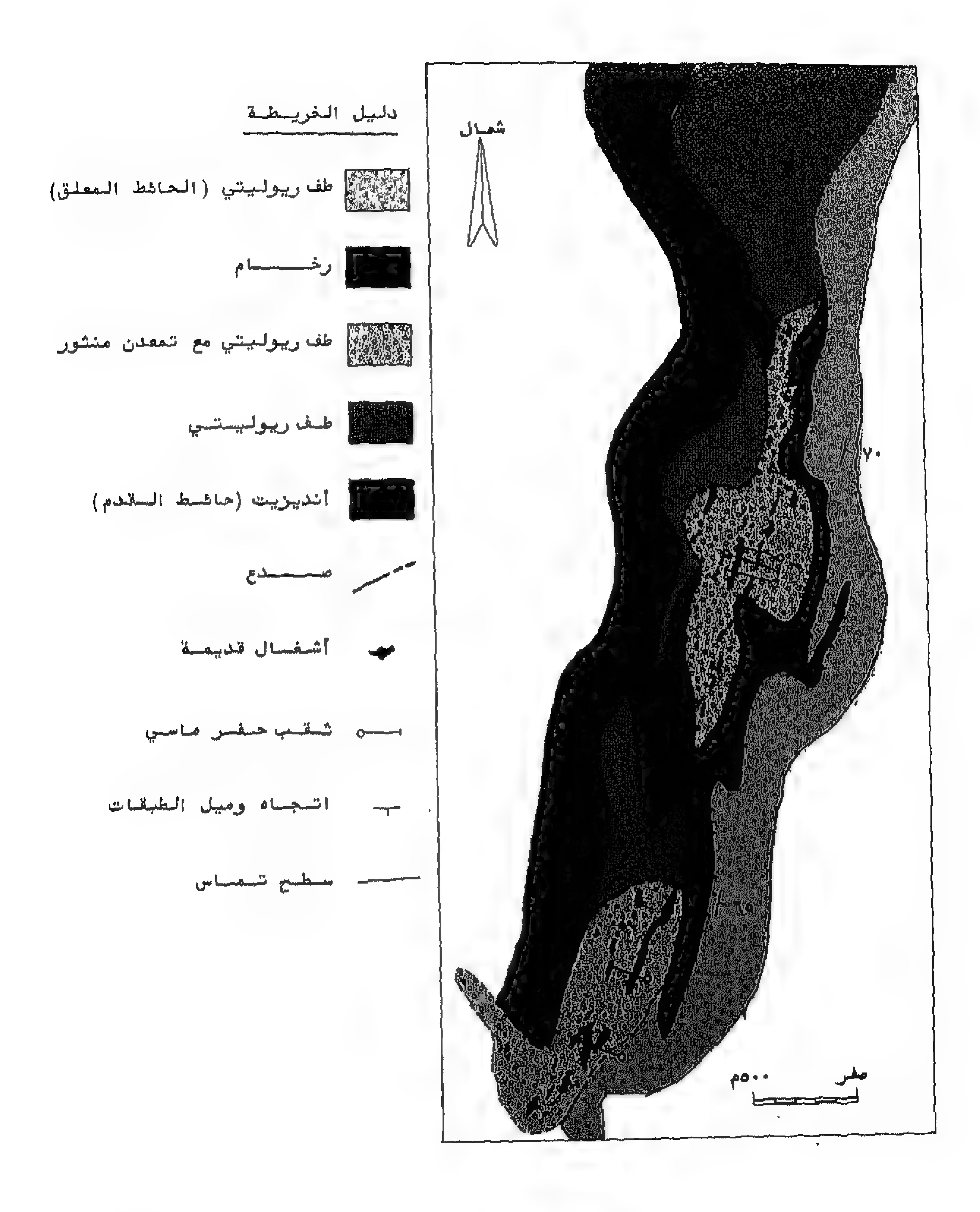
يقع تمعدن الصفرة ضمن الجزء الأوسط للدرع العربي على خط عرض ١٣َ ٢٤ْ شمالا وخط طول ٥٣َ ٤١ْ شرقا على بعد حوالى ٤٠٠ كم شمال شرق جدة وعلى ارتفاع ٩٠٠م عن سطح البحر (شكل ١٧).

وموقع التمعدن هذا يوجد ضمن صخور مجموعة الحليفة، في أرض مستوية تقريبا إلا من بعض التلال الصغيرة المتباعدة.

تتكون صخور المنطقة من فيوض الأنديزيت والريوليت ومشتقاتها من البركانيات الفتاتية وطبقات الرخام الرسوبية والطَّف الريوليتي المتأثر بالتحول الكلوريتي والسريسيتي (شكل ١٧). حقنت في جميع هذه الصخور جدد متوافقة (sills) مكونة من ميكروديوريت وديابيز. كما توجد جدد قاطعة أخرى من الميكروجرانيت على هيئة تجمعات قاطعة المنطقة، يعتقد بأنها قاطعة للتمعدن كذلك (Conreaux and Delfour 1980 , El Mahdy 1980 , Duhamel 1971).

التمعدن : ينحصر تمعدن الصفرة الذي توجد عليه الحفور القديمة، في طبقة من الطَّف الريوليتي بطول ٥ كم وعرض ٥٠٠م تتجه شمال شمال شرق وتميل إلى الشرق. المعادن الموجودة تحت نطاق التأكسد، هي البيريت والكلكوبيريت والمجنيتيت وقليل من السفاليريت منثورة بغير إنتظام في طبقة الطَّف الريوليتي، أعيد تحريك التمعدن محليا بفعل التحول الإقليمي والمحاليل الحرمائية لتتجمع مع الكوارتز ، الكالسيت والإبيدوت في العروق اللاحقة. أما المعادن الأخرى الموجودة بدرجة أقل مع هذه العروق فهى الجالينا والكوبانيْت cubanite وتيلوريدات البزموث والرصاص، كما يوجد بعض المركزيْت (El Mahdy 1980).

هذا وقد دلت الدراسات التنقيبية بالمنطقة على أن نسبة النحاس تصل إلى ٤ ,١٪ تقريبا وأن الذهب تصل نسبته من ١ - ٧ جم/ طن.



شكل (١٧) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن النحاس في منطقة الصفرة . معدلة من El-Mahdy (1980) .

أما احتياطي الخام فيصل إلى حوالي ١٨ مليون طن. هذا ولازال موقع التمعدن هذا موضع اهتمام المديرية العامة للثروة المعدنية خاصة بعد أن وجد أن بعض طبقات الرخام في موقع التمعدن تحتوي على نسبة من الذهب أكثر من الصخور الأخرى.

٨) منطقة وادي شواص Wadi Shwas Area

تقع منطقة وادي شواص على بعد حوالى ٣٤٠ كم شرق - جنوب شرق مدينة جدة، في صخور بركانية طفحية، وبركانية فتاتية، ورسوبية بركانية متحولة، تابعة لمجموعة صخور جدة، محقونة بتداخلات من الجرانيت وخلافه. وتعتبر هذه المنطقة إحدى المواقع الهامة للتمعدن الكبريتيدى المتعدد الفلزات البركاني الأصل المتكون في بيئة أقواس الجزر والمتوافق مع الصخور المتطبقة في الدرع العربي (polymetallic volcanogenic stratabound sulfide mineralization) وتحتوي على رواسب النحاس والزنك وبعض الفضة والذهب، إما على شكل كبريتيدات كتلية أو رواسب منثورة في الصخور البركانية والفتاتية البركانية المتحولة والمتغيرة بفعل النشاطات الحرمائية. ومن المواقع المتمعدنة في هذه المنطقة، جبل جدمة والحجار والمحترق وشعبة الحمراء ووادي فرش وعدد آخر من المناجم القديمة أو من مواقع الجوسان الصغيرة الموزعة على المنطقة. ويعتبر موقع الجدمة من أهم هذه المواقع (شكل ٥) وسيؤخذ هنا كمثال لمختلف المواقع الأخرى. أما موقع تمعدن الحجار، الذي كان يعتبر أحد مواقع النحاس في السابق، فقد وجد أن المنطقة المؤكسدة منه تحتوي على ذهب طليق تصل نسبته إلى ٤ - ٦ جم/ طن، مما جعله أحد مواقع تمعدن الذهب.

٨,١) جبل جدمة Jabal Jadmah

يقع على خط عرض ٢٠ْ شمالًا وخط طول ٥٨َ ٤١ْ شرقا ويشتمل على تتابع من الصخور البركانية، والبركانية الفتاتية، والرسوبية المتجولة إلى الشست والتى تدخلت فيها جدد قاطعة ومتوافقة من الريوليت (شكل ١٨). تتبع جميع هذه الوحدات الصخرية مجموعة جدة. الصخور المضيفة للتمعدن متحولة، وتحتوي على المعادن الثانوية مثل الكلوريت و«السيليكا» والجاسبر والكربونات. ويتمثل التمعدن على السطح بجوسان تمتد عدة مئات من الأمتار بعرض يتراوح ما بين ٢٠ - ٤٠ مترا،

موازية لاتجاه التطبق في الصخور المضيفة. أظهر التنقيب بالحفر الماسي عدة أجسام كتلية ومنشورة تتكون من البيريت بصفة أساسية، بالإضافة إلى بعض البيروتيت والكلكوبيريت والسفاليريت مع قليل من الجالينا والتتراهيدريت ومعادن التيلوريدات والكوفيلّيت والديجينيت، إما منشورة في الصخر المضيف، أو على شكل عدسات كتلية. يتميز البيريت بأنه مهشم، ويملأ الكلكوبيريت شقوق التهشم به. والتمعدن في جبل جدمة زفيري بركاني (volcanic exhalative) تكوّن في بيئة بحرية، حيث ترسبت العدسات الكتلية، وانتشرت معادن النحاس الموجودة في الصخور القاعدية الدقيقة الحبيبات بفعل المحاليل الحرمائية الصاعدة (Fujii and kato 1979) .

يقدر الإحتياطي في جبل جدمة بـ ١,٢٠٠,٠٠٠ طن من الخام الذي يحتوي على ١٣,٢٪ نحاس و٥٧,١٪ زنك) (Poloni & Cheesman 1980) .

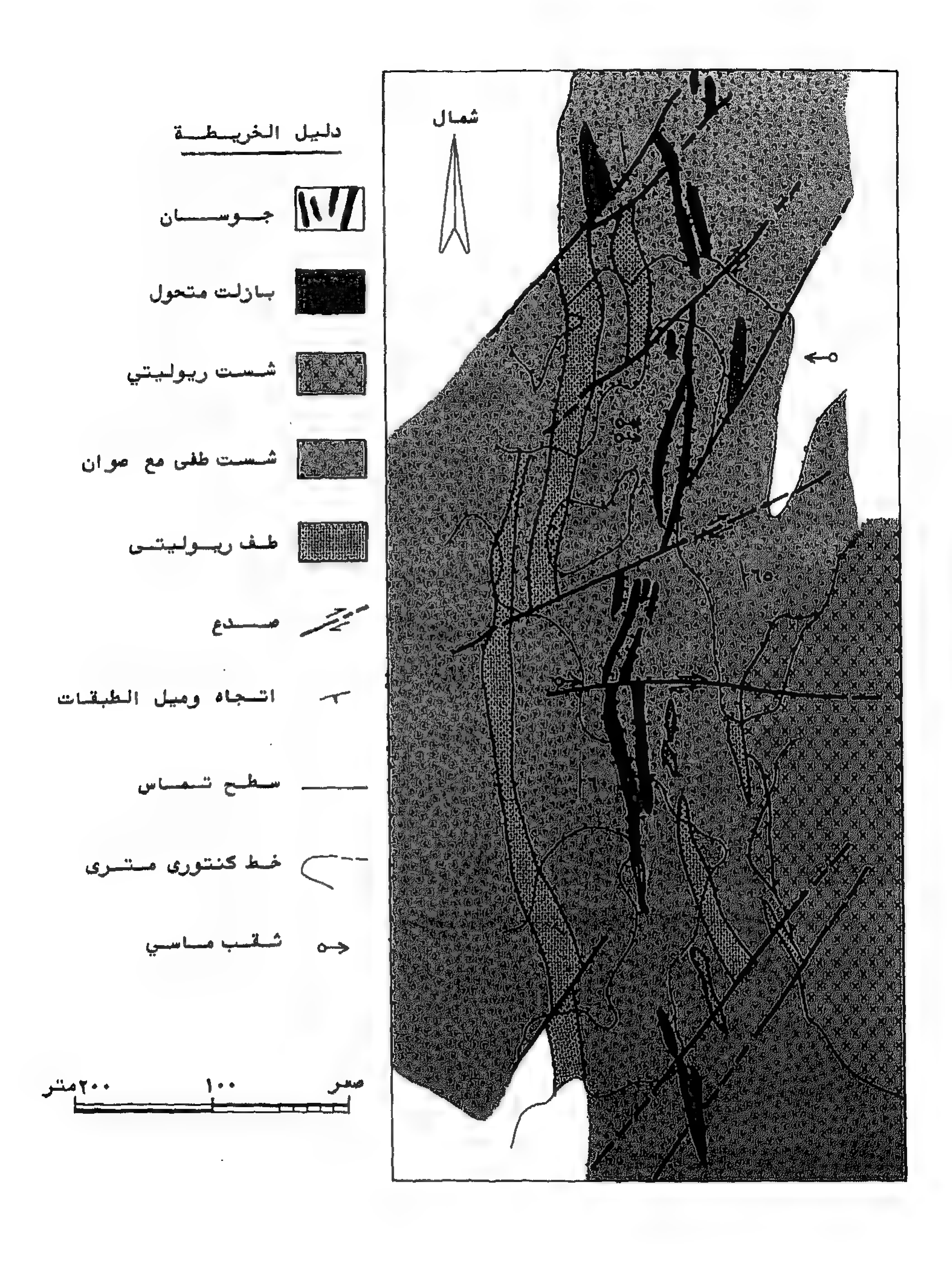
٢,٨) جنوب وادي شواص Wadi Shwas - South

يوجد في جنوب منطقة وادي شواص بعض مواقع تمعدن النحاس على شكل أجسام من الجوسان أو عروق قاطعة للصخور المضيفة. وفي العادة يوجد النحاس إما على شكل كبريتيدات منشورة في الصخور (disseminated) ، وإما على شكل كتلي (massive) في العروق، أو كنتيجة للتحول الميتاسوماتي الحافّي (contact meta-somatic) .

وفيما يلي نذكر بإيجاز بعضا من هذه المواقع :

٣,٨) جبل المش Al Mush

يقع هذا التمعدن على خط عرض ٤٠ً ٤٩َ ١٩ْ شمالا وخط طول ٤٠ً ٥٠َ ٤١ْ شرقًا (شكل ٥). وهو من النوع المنشور، ويوجد على السطح على شكل ملاكيت وكريزوكولا وأكاسيد نحاس سوداء في صخور الشست الكلوزيتي التي تنحو شمالا وميْلها رأسي. يصل طول المنطقة المتمعدنة إلى حوالي ٥٠٠م بعرض يصل إلى ٣٠ سم فقط وليست لها قيمة اقتصادية حاليا.



شكل (١٨) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الجدمة - منطقة وادى شواص. معدلة من Fujii and Kato (1979) .

٨,٤) وادي فرش (Wadi Farsh)

يقع هذا التمعدن على خط ١٥َ ٨ً ١٩ْ شمالا وخط طول ٣٠ً ٥٥َ ١ ٤ْ شرقا (شكل ٥) وكما هو الحال في تمعدن جبل المش فهو من النوع المنثور في الشست الكلوريتي والموجود على السطح على شكل أكاسيد وكربونات وسيليكات النحاس . ولا تزيد منطقة التمعدن عن عشرين متراً طولاً وبعرض يصل إلى ٢٠ سم فقط ولذا فليس له قيمة اقتصادية حاليا .

٨,٥) شعبة الحمرا (Shabat Al Hamra)

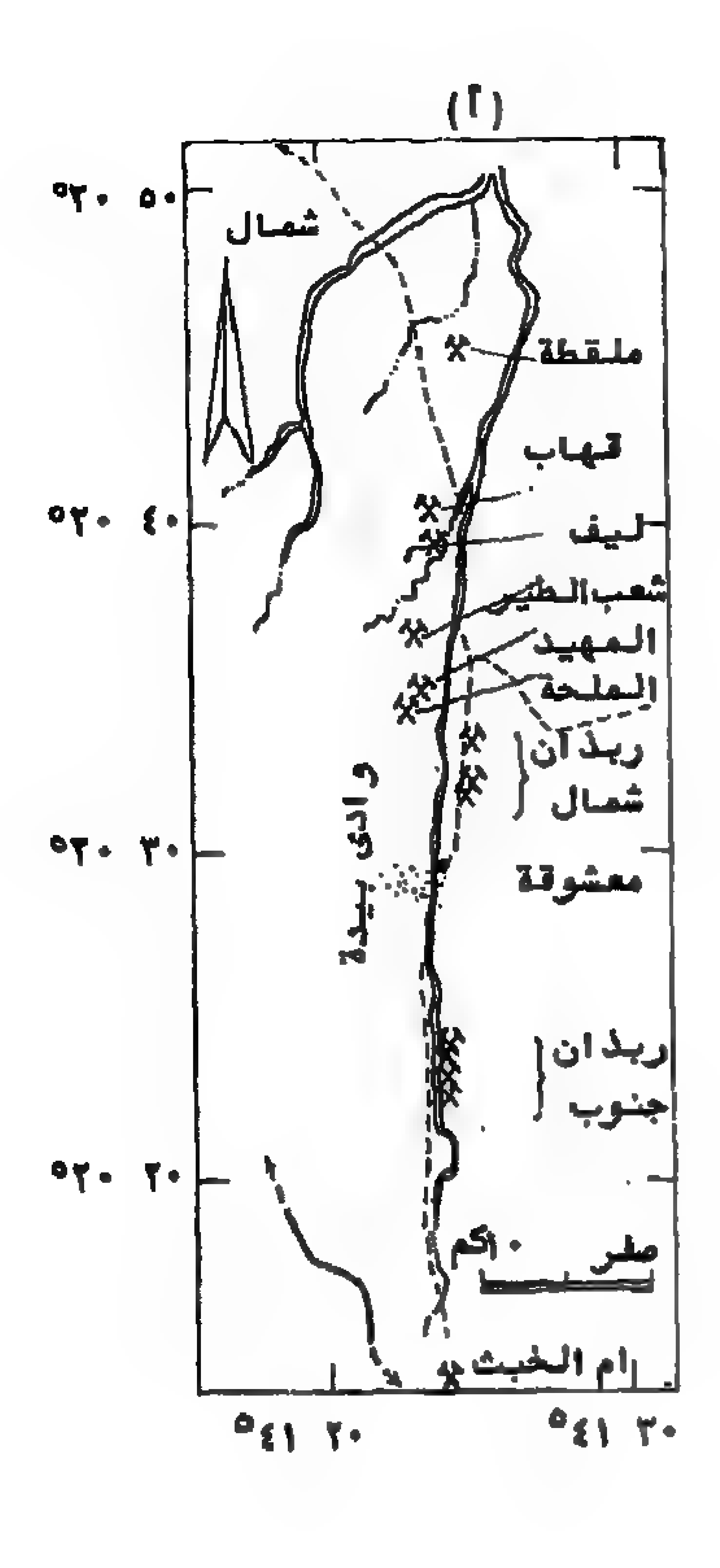
يقع هذا التمعدن على خط عرض ٣٠ً ٩ ٤َ ١٩ْ شمالا وخط طول ٥٥َ ١ ٤ْ شرقا في صخور أنديزيتية فتاتية متحولة (شكل ٥) (Ono 1976) . يتكون التمعدن السطحي من جوسان ليمونيتي سيليكاتي طيني في بريشيا الأنديزيت وهو من النوع الكتلى تظهر فيه أكاسيد وكربونات وسيليكات النحاس . يبلغ طول المنطقة المتمعدنة حوالي ٦٠ م بعرض ١٥ م تقريبا ، تنحو شمالا موازية لتطبق الصخور البركانية وتميل بدرجة ٦٠ إلى ٧٠ْ شرقا .

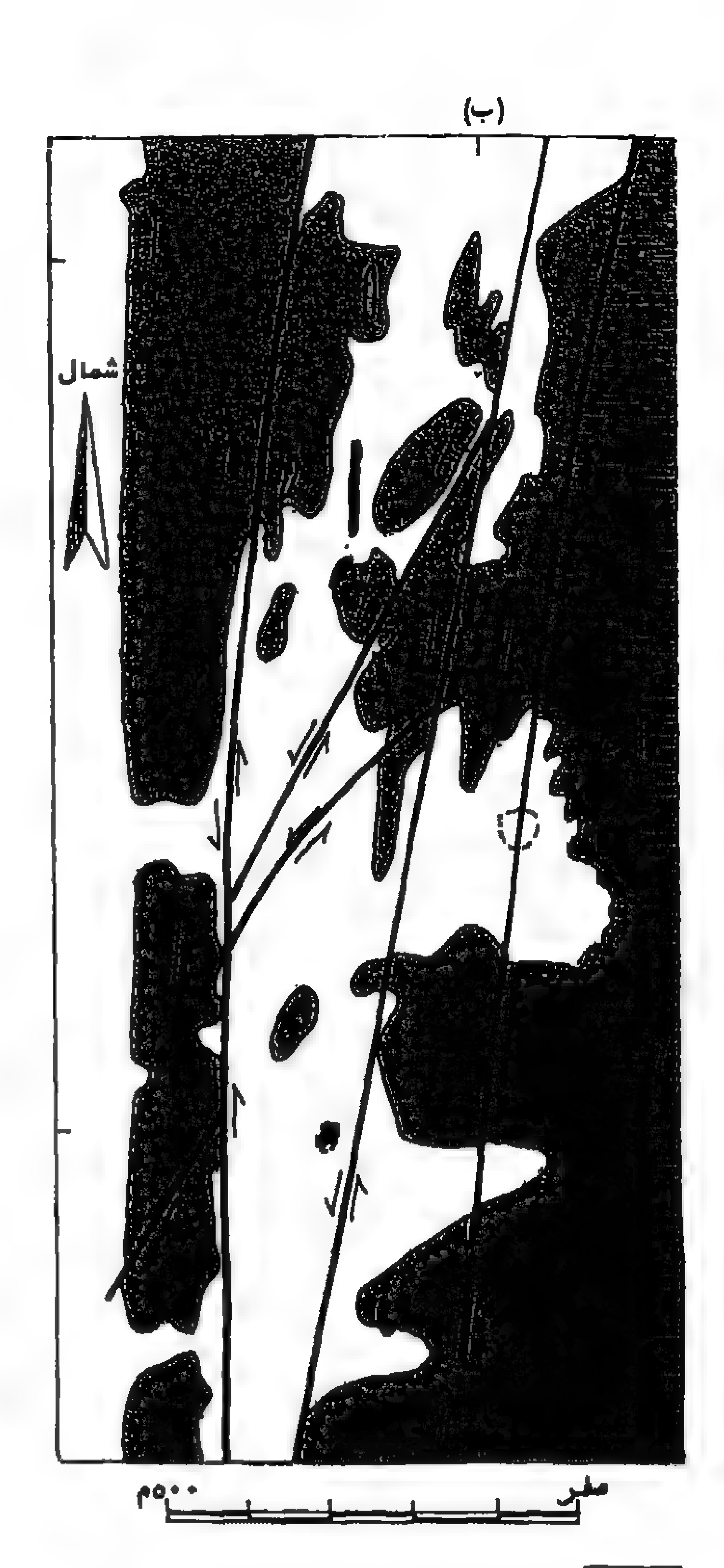
٨,٦) المحترق Al Mahtriq

يعتبر هذا الموقع (شكل ٥) من النوع الكتلى البركاني النشأة ، ويشتمل على ثلاثة مواقع متقاربة من الجوسان في صخور متحولة ومتغيرة بفعل النشاط الحرمائي ، ويحتوي الجوسان بالإضافة إلى الأكاسيد الحديدية على الملاكيت (Igarashi and Goto 1977 a) .

٩) منطقة وادي بيدة Wadi Bidah

تقع منطقة وادي بيدة المتمعدنة على بعد حوالي ١٨٠ كم جنوب شرق مدينة الطائف ، في جبال الحجاز الجنوبية ، على ارتفاع يتراوح ما بين ١٢٠٠ - ١٥٠٠ م فوق سطح البحر (شكل ١٩ أ) . يوجد بالمنطقة العديد من المواقع المتمعدنة على جانبي الوادي من الناحيتين الغربية والشرقية . عُرفت واستغلت خلال القرنين الثامن والتاسع





حصى ورمال

جوسان

مجموعة صخور غرب بيدة

مجموعة صخور شرق بيدة

سطح تماس

صدع

اتجاه وميل الطبقات

شكل (١٩) أ - خريطة توضح مواقع التمعدن في منطقة وادي بيدة .

ب - خريطة جيولوجية لموقع تمعدن ربذان الجنوب .

معدلتان من Jackaman (1972) .

الميلاديين، أي خلال الخلافة الأموية والعباسية، كما تدل على ذلك الآثار القديمة من منازل وخبث وأدوات تعدين بدائية. تأكد ذلك بتقدير عمر الفحم الذي وجد مع الخبث في هذه المواقع عن طريق نظائر الكربون. ويُعتقد بأن النشاط التعديني في هذه المنطقة كان لاستخراج الذهب وبعض النحاس حيث إن الخبث المتروك يحتوي على نسبة عالية من النحاس. وأهم مواقع تمعدن وادي بيدة هي ريدان الشمال والجنوب وشعب الطير وقهاب وليف والملحة والمهيد والملقطة (شكل ١٩ أ، و ٢٢) بالإضافة إلى مواقع المحاوية وأم الخبث وغيرها الموجودة للغرب من وادي بيدة في منطقة المحاوية أو للجنوب في منطقة الباحة (شكل ٢٢) لكنها تقع في نفس حزام وادي بيدة الصخري (Earhart and Mawad 1970، و Jackaman 1972).

يأخذ التمعدن السطحي في منطقة وادي بيدة شكل عدسات متطبقة من الجوسان في صخور ما قبل الكمبري. تعرضت هذه الصخور منذ نشأتها للتهشم والطي والتحول الإقليمي إلى سحنة الشست الأخضر.

وقد اخترقت محقونات جوفية مختلفةُ التركيب الصخورَ المضيفة للتمعدن، مما أثّر على الرواسب المعدنية ذاتها، بإضفاء تحول حافّي عليها مع إعادة تبلُّر مكوناتها. وتشمل الصخور المضيفة بالمنطقة نواتج نشاطات مميزة لأقواس جزر (island arcs) حيث تكونت البركانيات الفتاتية الكلسقلوية متوسطة التركيب التي تتبع مجموعة صخور بيش، أقدم الصخور المتطبقة في الدرع العربي. صاحَب ترسب الكبريتيدات المعدنية ترسب البركانيات الفتاتية في بيئة بحرية، ثم تعرضت مع صخورها المضيفة لعوامل التهشم والتحول (Jackaman 1972).

هناك أربعة نُطُق تمعدن متطبقة مع البركانيات الفتاتية في منطقة وادي بيدة، تمتد لمسافة أربعين كيلو متراً على جانبي الوادي الذي يتجه شمالاً، وتتشابه جميعها في ملامحها الجيولوجية الرئيسة. دلت الدراسات والأبحاث المختلفة على هذه الرواسب المعدنية على أنها من النوع البركاني المنشأ المترسب في بيئة بحرية ضحلة، كما دلت على أن الكبريت الذي تفاعل مع الفلزات مكونا الكبريتيدات كان ناتجًا عن زفرات بركانية وليس ناتجا عن نشاطات عضوية (Kiilsgaard *et al.* 1978، و

. (Jackaman 1972

وكما هو الحال في معظم رواسب الكبريتيدات الكتلية في أماكن كثيرة من العالم يكون معدن البيريت المعدن الرئيس في هذه الرواسب. وبالإضافة، تحتوي مواقع التمعدن في وادي بيدة على كبريتيدات النحاس والزنك مع قليل من الذهب والفضة والرصاص. ويعتبر الذهب والنحاس أهم الفلزات الاقتصادية في هذه المنطقة.

دلت دراسة أنسجة الكبريتيدات على أن السفاليريت والكلكوبيريت والجالينا لها علاقة تماس مع البيريت مما يشير إلى احتمال ترسبها وتبلورها في مرحلة لاحقة للبيريت حيث تكون في معظم الأحيان لاحمة للبيريت المهشم. ويمتد نطاق التأكسد في هذه المناطق إلى حوالي ٤٠م من السطح ويحتوي في العادة على معادن الكلكوسيت والكوفيلّيت والبورنيت والكريزوكولا الناتجة عن تأكسد الكلكوبيريت. أما معدن البيريت فقد تحول في منطقة الجوسان والمنطقة المؤكسدة عامة إلى شبكة من معادن الجيثيت والهيماتيت المائي والليمونيت التي تحتوي على عريقات دقيقة من الملاكيت والكريزوكولا والأزوريت (Jackaman 1972). وفيما يلي نعرض بشيء من التفصيل لأهم مواقع التمعدن في وادي بيدة.

١,٩) ريذان Rabathan

يقع هذا المنجم القديم في الجزء الجنوبي من وادي بيدة على خط عرض ٢٠° ٢٤َ شمالاً وخط طول ٤١° ٢٣َ شرقاً (شكل ١٩ أ). ويتميز بوجوده في صخور الطف القاعدية الجيرية والشست الجرافيتي من مجموعة بيش على جانبي ومقدمة طية محدبة وممزقة ممتدة إلى الشمال وغاطسة بدرجة ٥٠° شمالاً (شكل ١٩ ب).

يمتد التمعدن متقطعًا في منطقة ريذان لمسافة تصل إلى ١٧ كيلو مترًا على الجانب الشرقي من وادي بيدة (ريذان الشمال وحتى ريذان الجنوب)، في صخور مضيفة من الفيوض البركانية والصخور الفتاتية البركانية والرسوبية. المنجم القديم عبارة عن مجموعة من الخنادق الصغيرة والحفر وبعض أكوام من الخبث والبيوت القديمة حول قليل من منكشفات الجوسان.

وهناك أربعة أجسام متمعدنة في ربذان تمثل أهم التمعدنات في منطقة وادي بيدة. تتكون هذه الأجسام تحت نطاق التأكسد السطحي من البيريت والبيروتيت المهشمة والمقطوعة بالكلكوبيريت والسفاليريت اللاحقين لهما مع قليل من الذهب والفضة. وقد قدرت كمية الاحتياطي بحوالي ١,٥ مليون طن من الخام المحتوي على ٢,٣٪ نحاس و٠,٠٣٪ زنك و٢,٨٥ جم / طن فضة و٠,١٦ جم/ طن ذهب لعمق ١٣٠ متراً (Kiilsgaard *et al.* 1978) . أما شركة ريوفينيكس (Riofinex 1979) فقد قدرت الاحتياطي بحوالي ١,٥ مليون طن تحتوي على ٢,٥٨٪ نحاس في كتلة بطول ١٧٦م وعرض ١٠م وعمق ٧٠م.

٩,٢) شعب الطير Shaab At-Tare

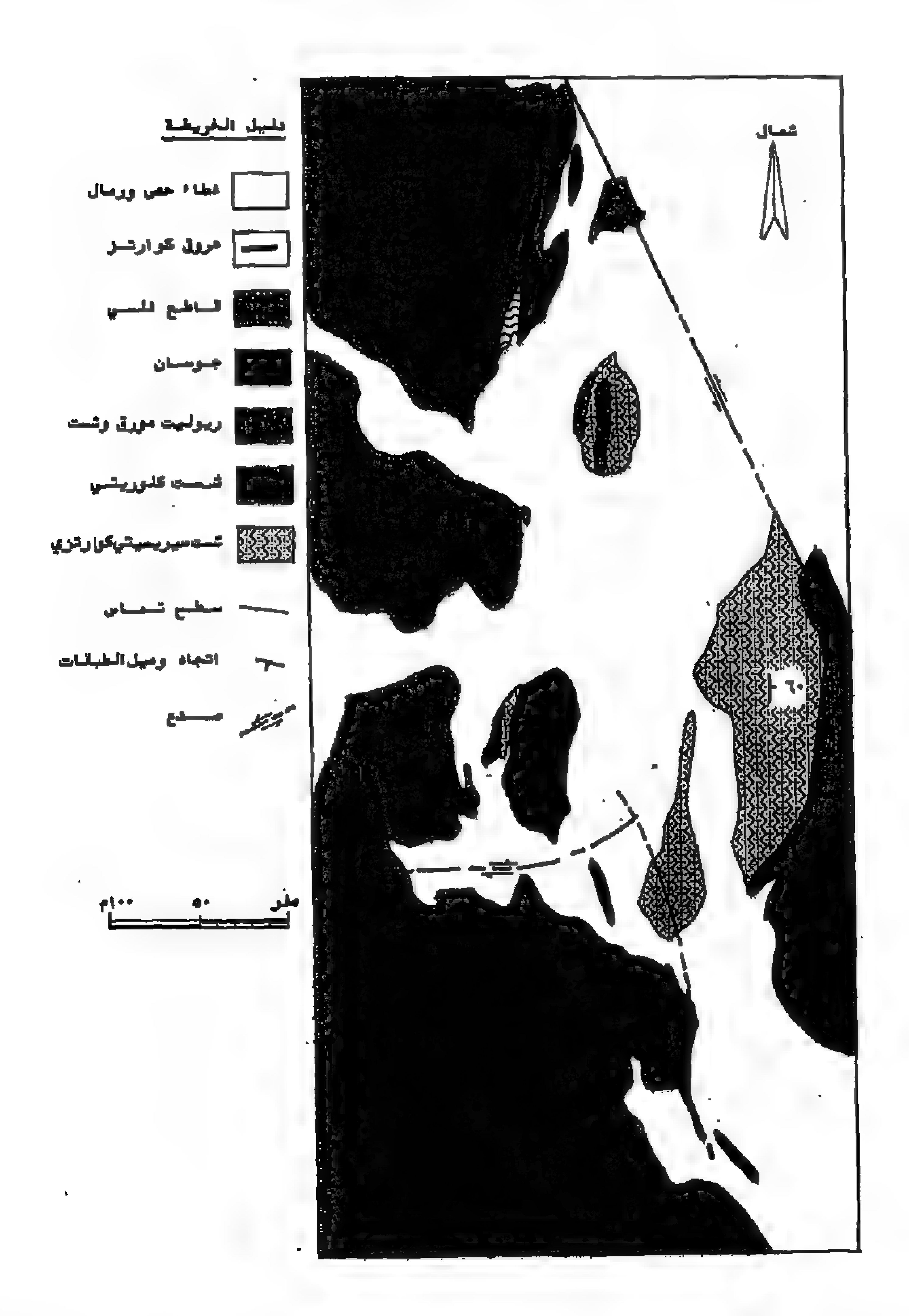
يوجد هذا الموقع وسط منطقة وادي بيدة على خط عرض ٣٥َ ٢٠ْ شمالاً، وخط طول ٢٢َ ٤١ْ شرقًا (شكل ١٩ أ). يتركز التمعدن في سبعة أماكن تمعدن سطحيّ على شكل جوسان متقطعة ومنفصلة في حزام بطول ٥٥٠ متراً وعرض ٣٥ متراً (شكل ٢٠) . يتمثل التمعدن في عدسات من الكبريتيدات الكتلية والمنثورة، يكون البيريت المعدن الرئيس فيها، ويصاحبه في العادة الكلكوبيريت والسفاليريت وقليل من الذهب الطليق والجالينا، ويمثل الكوارتز المعدن الغث الرئيس. لقد تأثرت الكبريتيدات عموما، والبيريت خاصة، بالتهشم العنيف في نُطُق الصدوع والتمزق.

قدرت احتياطيات المنطقة بحوالي أربعة ملايين طن من الخام الذي يحتوي على ٠,٣٦٪ نحاس و٠,٠٩٪ زنك و٣,٤٦جم / طن فضة و ٠,٥٥ جم/ طن ذهب (Kiilsgaard *et al.* 1978 و Riofinex 1979 و Smith *et al.* 1984) و Jackaman 1972) .

٩,٣) قهاب Gehab

يقع هذا المنجم القديم على خط عرض ٤١َ ٢٠ْ شمالا وخط طول ٢٤َ ٤١ْ شرقًا (شكل ١٩ أ)، على جانبي طية محدبة غاطسة بميل ١٥َ ١٥ْ إلى الجنوب. تشمل الصخور المضيفة بريشيا البازلت، والطف والصوان الحديدي والجاسبر المحقونة بجسم

من البورفري الكوارتزي. تحل أجسام التمعدن الكبريتيدية العدسية الشكل محل البورفري الكوارتزي في نطاقات التمزق الممتدة شمال - جنوب، موازية للملامح التركيبية السائدة في المنطقة (شكل ٢١). يشمل التمعدن البيريت والكلكوبيريت والسفاليريت وقليلاً من الذهب أحيانا في الصخور المتحولة ، ويعتبر الكلوريت والكربونات والكوارتز والبيريت والإبيدوت نواتج لعمليات التغير التي صاحبت التمعدن؛ ويوجد الباريت ضمن المعادن الغثة في هذا التمعدن.



شكل (٢٠) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن شعب الطير بوادى بيدة . معدلة من Earhart and Mawad (1970).



شكل (٢١) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن قهاب في منطقة وادى بيدة. معدلة من Earhart and Mawad (1970) .

تكوّن التمعدن في المنطقة بعد سلسلة معقدة من الأحداث، شملت الطي والتحول وتدخل أجسام البورفري الكوارتزي المتوافقة. يسود الاعتقاد بأن تكون التمعدن قد حدث على مرحلتين: الأولى نتيجة الإحلال لوحدات الصخور المناسبة (الطف الجيري والبورفري الكوارتزي) بوساطة البيريت والبيروتيت، والثانية إحلالية متأخرة للبيريت والكلكوبيريت المتهشم بوساطة الكلكوبيريت والسفاليريت والمعادن النفيسة وما صاحبها من معادن الكربونات والباريت والكوارتز، بعد حدوث دورة طي وتهشم وتمزق ثانية (Riofinex 1979 و Kiilsgaard *et al.* 1978 و Jackaman 1972).

أثبت الحفر الماسي بالموقع وجود تمعدن كتلي ومنثور يمتد بطول ٢٥٠ متراً وسمك يتراوح بين ٤ و ٧م، وعلى هذا الأساس قدر الاحتياطي في المنطقة المتمعدنة (بطول ٣٠٠م وسمك ٤ - ٧م وعمق ١٣٠م على الأقل) كالآتي:

٨٤,٠٠٠ طن تحتوي على ١,٢٨٪ نحاس و٠,٨٧٪ زنك و١ جم/ طن ذهب و٧,٤ جم/ طن فضة، كما قدر جسم آخر من التمعدن باحتوائه على ١,٤ - ١,٩ مليون طن يحتوي على ٠,٦٤ - ١,٢٦٪ نحاس و١,٤٥٪ زنك (Smith *et al.* 1984).

٤,٩) ليف Leif

يوجد تمعدن ليف إلى الشمال من موقع شعب الطير (شكل ١٩ أ)، في صخور الشست الكلوريتي القاعدية المشتقة من البازلت ومن الأنديزيت. ولا يوجد في الموقع ما يدل على استغلاله في الأزمنة السابقة.

التمعدن هنا من النوع المنثور من البيريت والسفاليريت والكلكوبيريت الموجود في عدسة ممطولة تنكشف على السطح على شكل جوسان ضعيف، تقطعه صدوع تتجه شرق - غرب وعليها زحزحات من ١٠ إلى ٢٠ متراً. كما تكثر في هذا الموقع الجدد القاطعة القاعدية المتحولة إلى الشست.

ولم تثبت الدراسات التنقيبية على موقع التمعدن هذا، بما في ذلك الحفر

الماسي، أية قيمة اقتصادية له. قدر الاحتياطي بنصف مليون طن تحتوي علي ٠٧,٠٪ نحاس و ٠٢,٠٪ رصاص و ٥,٢٪ زنك و ٦,٦ جم/ طن فضة (Smith *et al.* 1984).

١٠) منطقة المحاوية - الباحة Mahawiyah - Al Bahah

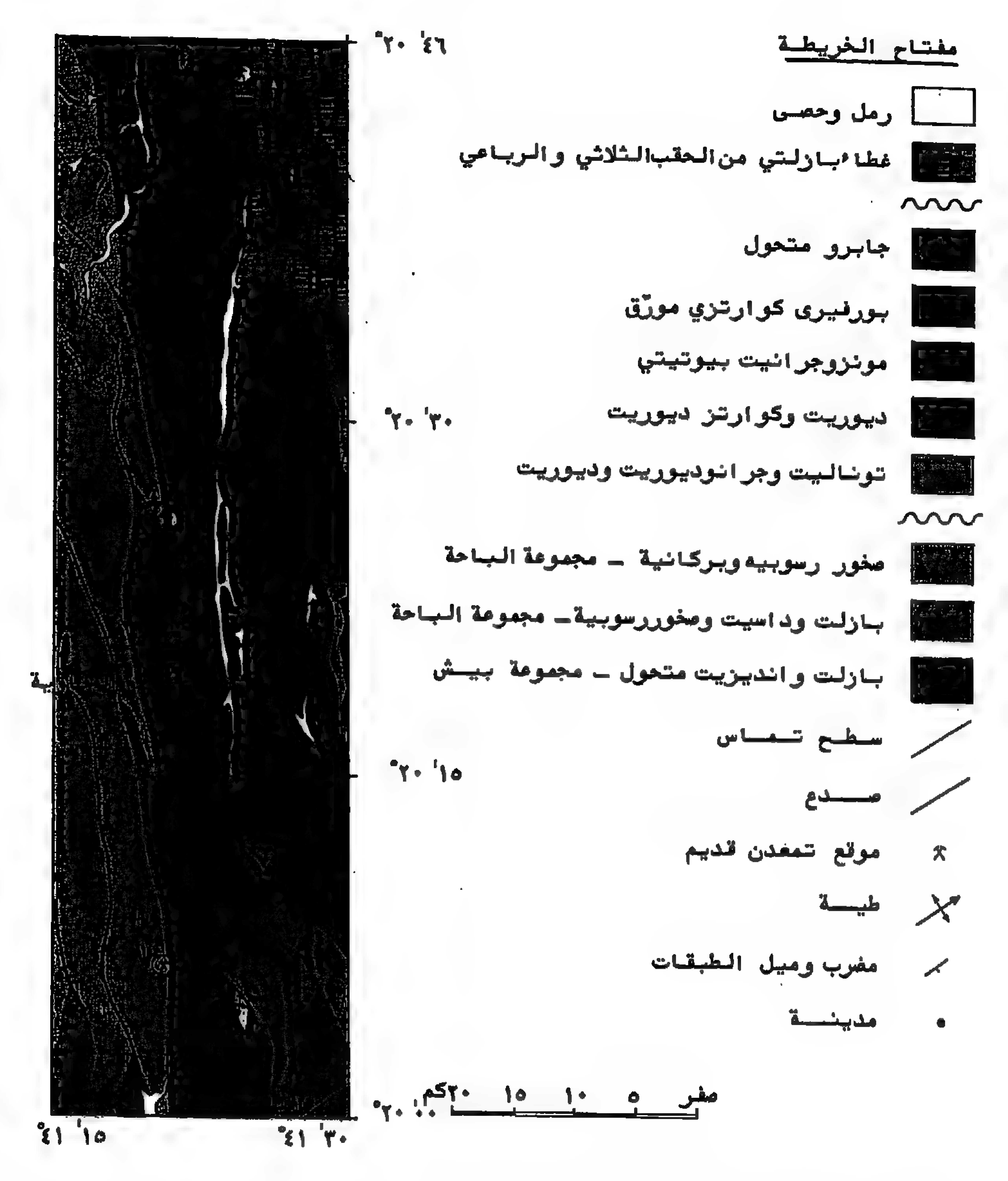
بالإضافة إلى ما سبق ذكره من مواقع تمعدن في وادي بيدة، فهناك العديد من مواقع المناجم القديمة، وتمعدنات الجوسان في صخور مجموعة بيش البركانية والفتاتية البركانية القاعدية المتحولة إلى الشست تقع في نفس حزام وادي بيدة الصخري، في المنطقة بين المحاوية والباحة (شكل ٢٢). تحتوي هذه التمعدنات على السطح في العادة على الملاكيت والكريزوكولا بالإضافة إلى الأكاسيد الحديدية.

تقع منطقة المحاوية - الباحة كما هو الحال في منطقة وادي بيدة ضمن الصخور المتطبقة لمجموعتي بيش والباحة المتكونين من قشرة محيطية في بيئة أقواس جزر بدائية وبذلك يكون التمعدن المصاحب في هذه المنطقة بركانيّ الأصل والنشأة من نوع متعدد الفلزات الكبريتيدية والمتوافق مع تطبق الصخور المضيفة (polymetallic volcanogenic stratabound sulfide mineralization).

وفيما يلي عرض لبعض أهم المواقع في هذه المنطقة:

١,١٠) المحاوية (المعدن) Al-Mahawiyah (Al-Maaden)

يقع منجم المحاوية القديم على خط عرض ٤٠ً ١٩َ ٢٠ْ شمالا وخط طول ١٠ً ٢٠َ ٤١ْ شرقًا (شكل ٢٢). وأحيانا يطلق عليه اسم المعدن. تتبع الصخور المضيفة للتمعدن مجموعة بيش وهي ذات درجة تحول متدنية (سحنة الشست الأخضر). وتشمل الشست السريسيْتي الكوارتزي، والشست الأكتينوليتي الكلوريتي، والفيلّيت، والطَّف الأنديزيتي، المتطبقة مع بعضها البعض بصورة يصعب معها الفصل بينها. تعرضت هذه الصخور للتهشم والتصدع والطي لعدد من الدورات التكتونية. كما تقطعها مجموعة من قواطع الريوليت والأنديزيت وكذلك عروق الكوارتز. يرى بعض الجيولوجيين أن التمعدن قد نشأ مصاحبا لقواطع الأنديزيت، في حين يرى



(١) ملقطة ، (٢) قهاب ، (٣) ليف ، (٤) شعب الطير، (٥) الملحة ، (٦) خيال المصنعة (السوت)
(٧) ربدان الشمال، (٨) المحاوية ، (٩) المنفحة ، (١٠) ربدان الجنوبه (١١) ام الخبثه
(١٢) جبل الازهر، (١٣) جبل مريّع ، (١٤) الصفر.

شكل (٢٢) خريطة جيولوجية توضح مواقع التمعدن في كل من وادى بيدة ومنطقة المحاوية . معدلة من Cater and Jhonson (1987) .

البعض الآخر صحبته للعروق التى نشأت عن الحركات التكتونية في المنطقة. يحتوي التمعدن على البيريت والسفاليريت والكلكوبيريت والجالينا والتتراهيدريت، بالإضافة إلى بعض المعادن الثانوية، مثل البورنيت، والكوفيلّيت، والليمونيت، والملاكيت، والكريزوكولا. يوجد التمعدن على هيئة أجسام من الكبريتيدات الكتلية والمنثورة والتي غالبا ما تقل عن المتر الواحد في امتدادها (Al Koulak 1981) .

٢,١٠) المنضحة Mandahah

يقع هذا المنجم القديم على خط عرض ٥َ ١٩َ ٢٠ْ شمالاً وخط طول ٥٥َ ٢٠َ ٤١ْ شرقاً (شكل ٢٢) . يوجد على حافة قواطع قاعدية متجهة للشمال في الطّف الجيري المطوي بشدة. دلت الدراسات على وجود معادن النحاس والزنك في الجوسان والشست السريسيتي الكوارتزي المبقع بأكاسيد حديدية (Mawad 1980) .

تشمل المعادن الأولية البيريت والكلكوبيريت والجالينا والسفاليريت المنثورة في الشقوق وأسطح مستويات التمزق في الموقع (Smith *et al.* (1984) . والموقع ليست له قيمة اقتصادية في الوقت الحاضر.

٣,١٠) جبل الأزهر Jabal Al Azhar

تقع هذه المنطقة على خط عرض ٤٠َ ٩َ ٢٠ْ شمالاً وخط طول ١٠َ ٢٧َ ٤١ْ شرقًا. تتكون هذه المنطقة من عدد من مواقع الجوسان يتراوح كل منها ما بين ١٠ - ١٠٠ متر موزعة على طول نطاق تمزق (shear zone) متجهة للشمال بطول ٢٢٠٠م، في صخور الطّف القاعدية، أو بالقرب من حدود التماس بين هذه الصخور وأجسام محقونة فيها من الجابرو أو الديوريت. يوجد التمعدن في نُطُق التمزق، أو كعدسات في بعض طبقات الطّف الصغيرة، بالقرب من هذه النُّطق المتمعدنة. تدل الدراسات الجيوكيميائية السطحية على وجود تركيزات غير هامة من النحاس والنيكل والفضة (Goldsmith 1971) .

٤,١٠) جبل مريّع Jabal Murrayyi

يقع هذا التمعدن على خط عرض ٥٠َ ٦َ ٢٠ْ شمالاً وخط طول ١٠َ ٢٤َ ٤١ْ

شرقًا. ويحتوي على واحدة من أكبر العدسات الغنية بالنحاس في صخر الواكي البركاني، حيث يبلغ طولها ١٥٠م وعرضها ٥م. تقع العدسات المتمعدنة على حافة نطاق صدعي به شواهد تغير حرمائي. يتميز الصخر المتمعدن بالنحاس بكونه سيليسي كتلي وبلون بني خفيف. توجد الكريزوكولا والملاكيت وقليل من أكاسيد الحديد منثورة في الصخر وعلى الشقوق الصغيرة القاطعة. تبلغ نسبة النحاس في العدسات المتمعدنة ٩,١٪ (Worl and Flanigan 1977).

١٠,٥) أم الخبث Umm Al-Khabath

تقع على خط عرض ١٠َ ٢٠ْ شمالًا وخط طول ٣٠ً ٢٣َ ٤١ْ شرقًا (شكل ١٩أ)، وهي عبارة عن منجم قديم يحتوى على آلاف من أطنان الخبث الحاملة للنحاس. التمعدن عبارة عن نطاق تمزق (قص) (shear zone) يحمل عددًا من عدسات الجوسان، والمناجم القديمة، وبعض الكاليش السطحي الحامل للملاكيت. تشمل الصخور المضيفة طفًا قاعديًا وطفًا قاعديًا جيريًا وقواطع قاعدية، وجميعها تتبع مجموعة بيش. تتميز نطق القص بوجود الشست السريسيتي الكوارتزي. قطعت ثقوب الحفر الماسي مناطق تغير حرمائي واسعة مع عروق من الكوارتز، تحمل بعض البيريت دقيق الحبيبات، وقليلًا من الكلكوبيريت والسفاليريت المنثور وبعض التَّلك: يصاحب تمعدن الكبريتيدات المذكورة نُطُق التغير الحرمائي في الصخر المضيف مع السلكتة والتحول إلى السريسيت، ولا توجد قيمة اقتصادية لهذا الموقع في الوقت الحالي (Worl 1977).

١٠,٦) ملقطة Mulgatah

يقع على بعد حوالي ١٧ كيلو مترًا شمال موقع تمعدن شعب الطير وعلى خط عرض ٤٦َ ٢٠ْ شمالًا وخط طول ٥٣ً ٢٢َ ٤١ْ شرقًا (شكل١٩أ) يتكون المنجم القديم من خندق طوله ١٦٥ مترًا، ويتراوح عرضه من ٣ إلى ٥ أمتار، وعمقه من ٢ إلى ٣ أمتار. وهناك حوالى ٩ حفر عميقة في قاع الخندق، ويوجد بجواره كمية كبيرة من النفايات والخبث.

تتكون الصخور المضيفة لتمعدن الملقطة من صخور الحجر الأخضر المتحول

(metamorphic greenstone) من البازلت ، ومن الشست الكلوريتي الكوارتزي، ومن الريوليت المتحول، ومن وحدة صخور بركانية أحدث من الصخور السابقة. يقطع هذه الصخور بعض عروق الكوارتز التي تأخذ اتجاه الشمال في كثير من الأحيان. تشكل هذه الصخور جزءاً من طية إقليمية محدبة ينطبق محورها مع اتجاه وادي بيدة الذي يتجه شمالا.

يستنتج من دراسة نفايات المنجم، أن التمعدن كان موجوداً على نطاق التماس (contact zone) بين صخر الريوليت المتحول، وصخر البازلت المتحول إلى الحجر الأخضر. المعادن الرئيسة الموجودة هي البيريت والبيروتيت والكلكوبيريت والسفاليريت وإن كانت التحاليل الكيميائية قد أظهرت وجود قليل من الذهب والفضة بالتمعدن (Kiilsgaard *et al.* 1978 و Smith *et al.* 1984) .

٧,١٠) الملحة (ملحة المهيد) Mulhah (al-Mehaid)

يقع منجم الملحة في الجزء الغربي من وادي بيدة (شكل ١٩ أ)، على بعد عشرة كيلو مترات جنوب موقع تمعدن شعب الطير، في منطقة وعرة في أعلى قمة جبلية. يبدو من كمية الخبث الضخمة الموجودة حول المنجم أن موقعه كان من أكثر المناطق كثافة تعدينية.

والمنجم القديم عبارة عن مجموعة من الحفر يصل طول أكبرها إلى ١٨ متراً بعمق ٦ أمتار وعرض ١٠ أمتار، وهناك نطاق من الجوسان يبلغ طوله حوالي ٨٠ متراً.

تتكون الصخور المضيفة للتمعدن من الشست الكلوريتي، والشست السريسيتي الكوارتزي، وصخر الريوليت المتحول، كما يقطعها بعض عروق الكوارتز وقليل من عروق الباريت. تأثرت صخور المنطقة بالتحول لدرجة الشست الأخضر والتهشم. يوجدالتمعدن ضمن طيةٍ مقعرة تتجه للشمال الشرقي موازية للتورق (foliation) في الصخور.

أما المعادن الرئيسة الموجودة فهي البيريت والأرزينوبيريت وبعض معادن الزنك والنحاس مع آثار من الذهب والفضة. كما يوجد بعض الذهب مصاحبًا لعروق الباريت (Goldsmith 1971 و Metz *et al.* 1971 و Smith 1963) .

٨,١٠) خيال المصنعة (السوت) (As-Sut)

يقع منجم خيال المصنعة غرب وادي بيدة، وشمال وادي المحاوية على نفس امتداد تمعدن شعب الطير والملحة وعلى بعد حوالي عشرة كيلومترات جنوب جنوب غرب منجم ربذان (شكل ٢٢). وتشمل الصخور المضيفة صخور الأنديزيت الشستية المتطبقة مع بعض صخور الفيلّيت والكوارتزيت السريسيتسي. تكثر عروق الكوارتز الدقيقة في أسطح التورق. أما العروق الكبيرة التي عادة ما تحتوي على كربونات حديدية فتكون قاطعة للصخور وغير متوافقة (Metz *et al.* 1971) .

يشتمل المنجم القديم على خندق طوله ٣٥ متراً وعمقه ٥ أمتار وعلى عرق رأسي من الكوارتز يتجه شمالًا موازيا لنطاق قص واضح (shear zone) يبلغ سمكه حوالي ٣٥سم، ويحتوي على الباريت في بعض أجزائه. أما التعدين القديم فقد كان مركزاً على نطاق القص حيث تحتوي الصخور المضيفة على بعض الهيماتيت بالإضافة إلى بعض الملاكيت في نطاق القص ومع عروق الكوارتز.

تتكون الصخور المضيفة من الطَّف الأنديزيتي، والطَّف الفلسي، والواكي البركاني، والشست الجيري، والصوان والتي تأثرت جميعها بالتحول والتهشم والطي. يحتوي التمعدن، كما بينت التحاليل الكيميائية، على بعض الزنك والنحاس وقليل من الذهب والفضة.

٩,١٠) الصفر As-Sifer

تقع منطقة منجم الصفر على بعد حوالى ٢٠ كم شمال غرب الباحة و١٠ كم غرب طريق الطائف – الباحة. والمنطقة جبلية وعرة تحوي صخوراً رسوبية متحولة مثل الحجر الرملي الناعم والحجر الطيني (siltstone and argillite) وأنديزيت طفحي، وأنديزيت بورفيري، بالإضافة إلى العديد من طبقات الصوان الحديدي الرفيعة وعدسات من المنجنيز ، مما يدل على بيئة ترسيب بحرية هادئة. ويبدو أن هذه الصخور في مجموعها قد تعرضت لطي معقد.

أما بالنسبة للتمعدن في هذا الموقع فهناك كمية قليلة من الملاكيت وجسمين من

الجوسان، الأول يبلغ طوله ٣٠ متراً وعرضه ٤ أمتار. أما الثاني فيبدو أنه مكون من عدسات متصلة طولها الإجمالي حوالي ١٠٠ متر تقريبا. وتحتوي عدسات المنجنيز المتداخلة مع الصوان على نسبة عالية من النحاس. دلت التحاليل الكيميائية للعينات السطحية على وجود بعض الذهب والنحاس والزنك والمنجنيز (Goldsmith 1971).

١١) منطقة وادي يبا Wadi Yiba

يوجد عدد من مواقع التمعدن في هذه المنطقة والمحددة بخطوط عرض ٥٠َ ١٨ْ و ١٥َ ١٩ْ شمالا وخطوط طول ١٥َ ٤١ْ و ٥٠َ ٤١ْ شرقًا. (شكل ٢٣ و ٢٤). تقع هذه المنطقة على بعد حوال ٧٠ كم شرق مدينة القنفذة على البحر الأحمر. تتكون الصخور المضيفة للتمعدن في المنطقة من الصخور الرسوبية المتطبقة مع الصخور البركانية التابعة لمجموعة عبلة وجميع الصخور مشوهة بدرجة كبيرة إلى طيات محكمة دقيقة داخل طية كبيرة مقعرة ومحكمة غاطسة للشمال. كما أن الصخور جميعها متحولة إلى سحنة الشبست الأخضر أو إلى سحنة الأمفيبوليت. كما يخترق هذا التتابع الرسوبي البركاني في الشمال محقونًا جرانيتيًا وعدداً من الجدد القاطعة المختلفة التركيب (Earhart 1968).

ويعتقد المؤلف أن التمعدن في منطقة وادي يبا هو من النوع المتعدد الكبريتيدات ذي النشأة البركانية المصاحب للصخور الرسوبية الجيرية والفتاتية في بيئة ترسيب خندقية خلف قوس جزيري (back arc rift related volcanics associated with carbonates and sediments).

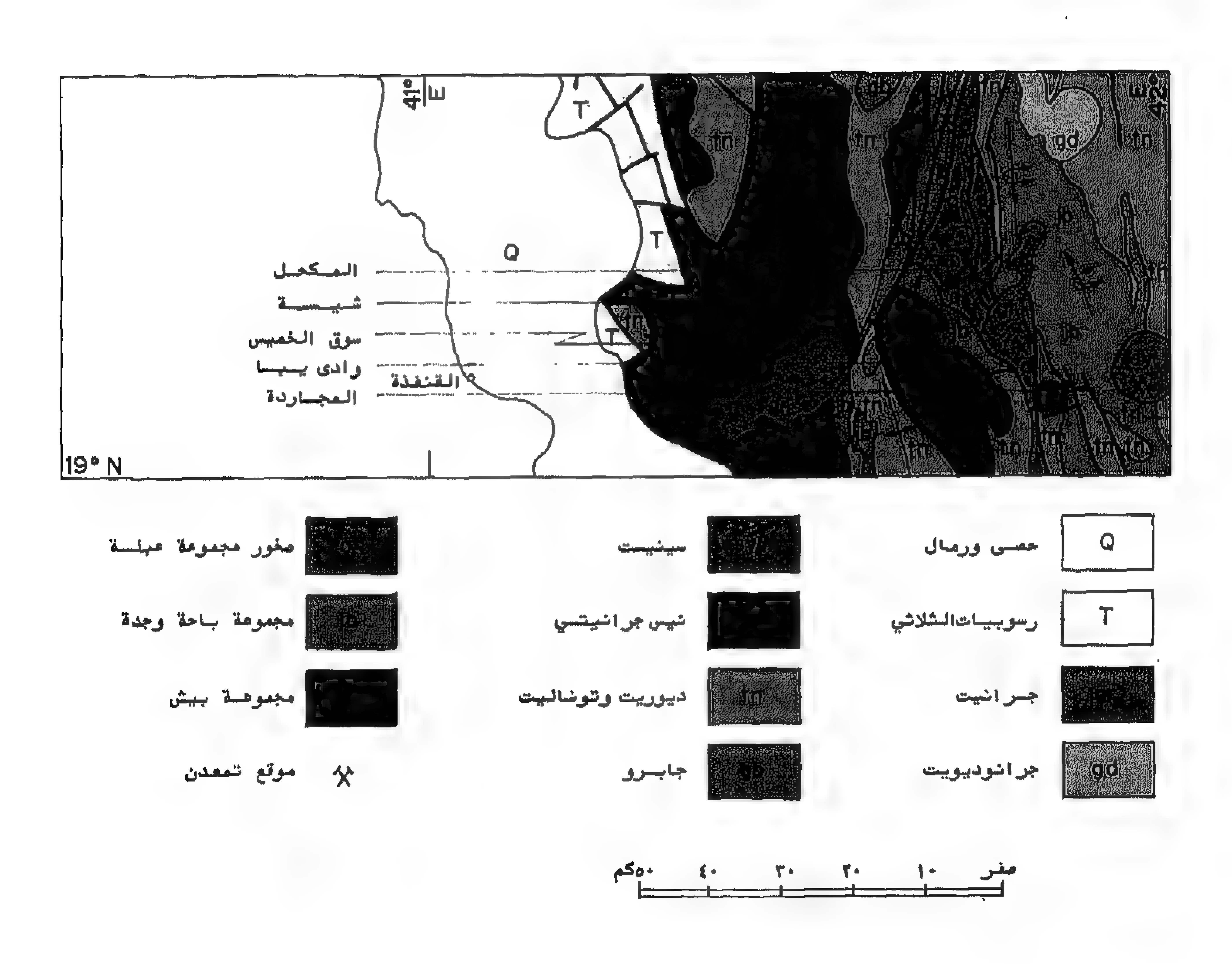
وأهم المواقع المتمعدنة في المنطقة هي :

١١,١) وادي ثربان Wadi Tharban

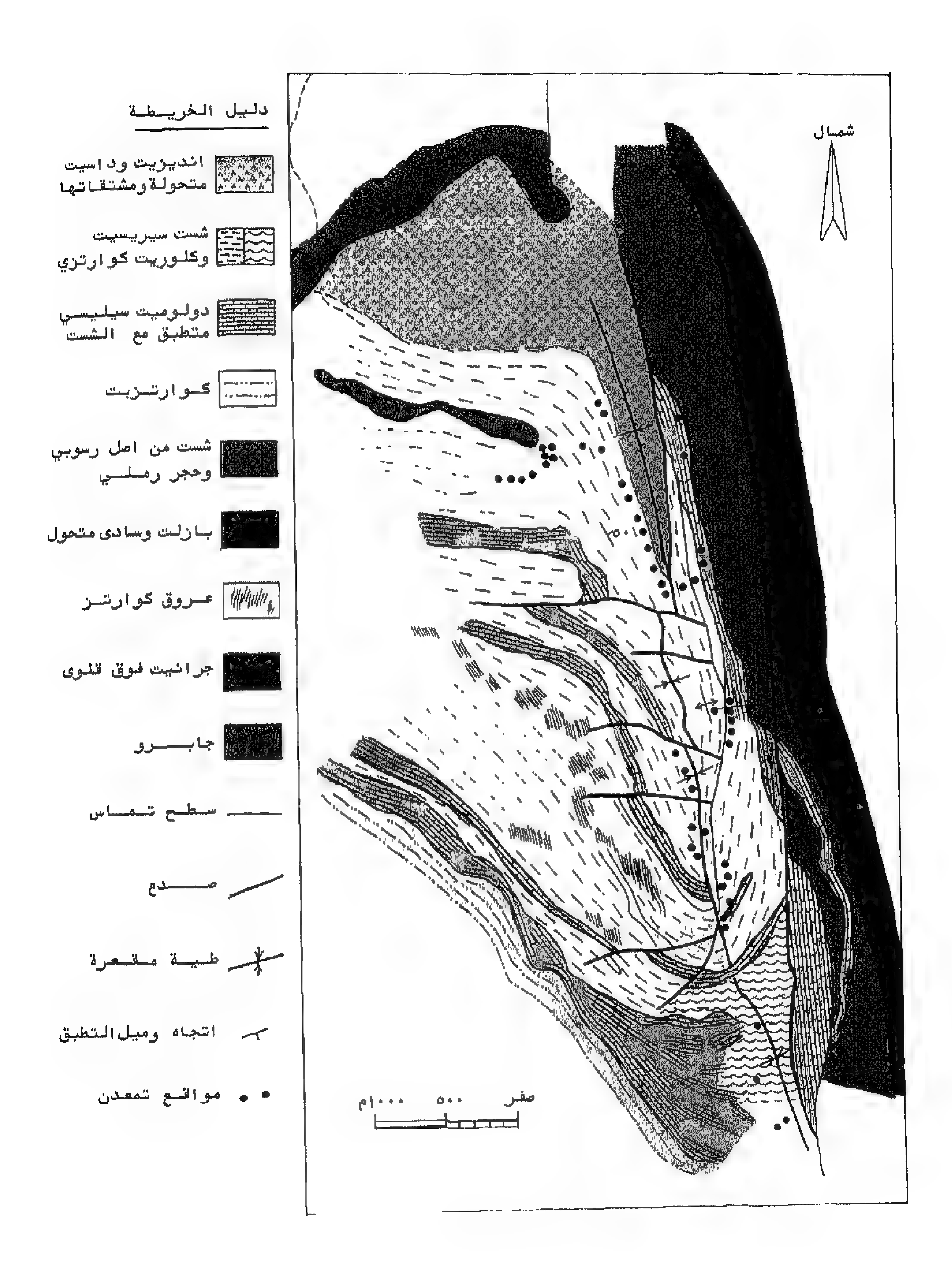
يوجد التمعدن في وادي ثربان في صخور دولوميتية سليسية وطفّ قاعدي وشست كلوريتي سريسيتي تابعة لمجموعة عبلة. تحولت هذه الصخور إقليميا إلي سحنة الشست الأخضر وانطوت مكونة طية مقعرة وغاطسة للشمال. ويقطع جانب الطية الشرقي صدع يتجه شمالا، وتتفرع منه صدوع أخرى صغيرة تتجه غربًا وتنتهي

عند الصدع الرئيس .

وأفضل التمعدن موجود في الدولوميت السليسي محصوراً في نُطُق القص الموازية لاتجاه الطيات . يسود الاعتقاد بأن التمعدن من النوع الطبقي (stratiform) . ولكنه تعرض لعمليات تحريك remobilization من مكانه ليترسب مرة أخرى في نُطُق القص .



شكل (٢٣) خريطة جيولوجية توضح مواقع التمعدن في منطقة وادي يبا معدلة من (1983) Prinze



شكل (٢٤) خريطة جيولوجية لتمعدن وادي بيا. معدلة من Earhart (1968) .

يصل امتداد التمعدن في الطَّف القاعدي إلى حوالي كيلو متر وعرضه إلى ٥ , ١ متر . ويحتوي على ملاكيت وكلكوبيريت منثور في راقات رفيعة سمكها ما بين ١ - ٢سم مفصولة عن بعضها البعض براقات مماثلة لا تحتوي على أي تمعدن . لذا، يُعتقد بأن هذا التمعدن من أصل بركاني متزامن ومتطبق مع الرسوبيات (stratiform) . تقطع عروق الكوارتز والكربونات الحاوية لبعض معادن النحاس صخور وادي ثربان، ويقل سمكها في العادة عن المتر الواحد، وتحتوي على البيريت والكلكوبيريت المتأكسدة إلى ليمونيت وكلكوسيت وملاكيت وكريزوكولا . وقد دلت الأبحاث والتحاليل المختلفة على وجود النحاس بنسبة تتراوح بين ١ و ٢٪ وفي سمك يتراوح بين ١ و ٣م .

٢ , ١١) جبل صعبان (صربون) (Sarbon)

يقع تمعدن النحاس على قمة جبل مستطيل ، ويمتد لمسافة أربعة كيلو مترات في طبقات الأمفيبوليت الكلوريتية والجارنتية التي تتجه شمال شمال غرب وتميل بانحدار شديد . يتطبق مع الأمفيبوليت بعض الكوارتزيت والدولوميت السيليسي وبعض الصخور البركانية . يخترق جميع هذه الصخور من الطرف الشمالي محقون جرانيتي أحدث . يتمثل التمعدن بالملاكيت والكلكوسيت وقليل من أكاسيد الحديد منثورة في الصخر أو متجمعة في أجسام جوسان كتاية بصحبة الأمفيبوليت . تتراوح نسبة النحاس بين ٣٧, ٠٪ و٥٥ , ١٪، والزنك بين ٠٤ , ٠٪ و ٦٤ , ١٪ والذهب حوالي ٥٦ , ١ جم/ طن . وأظهرت نتائج الحفر المثقابي أن التمعدن ضعيف حيث اخترق نُطُقًا رفيعة من التمعدن (Tompkins 1968 and 1970 و Earhart 1968) .

٣ , ١١) وادي شيسة Wadi Shisah

يقع غرب وادي يبا على خط عرض ١٣َ ١٩ْ شمالا وخط طول ٣٣َ ٤١ْ شرقًا وينحصر التمعدن في نطاق قص يتجه شمال - شمال غرب عبر الصخور الجيرية السيليسية الرسوبية المتحولة لمسافة حوالي كيلو متر، ويتراوح عرضه بين نصف متر و٢٠٠م . يتمثل التمعدن في الملاكيت والكلكوسيت والكلكوبيريت في عروق من الكوارتز والكربونات، يتراوح سمكها ما بين ٢سم-١م، تفصلها عن بعضها البعض صخورٍ غير متمعدنة ولمسافات تتراوح بين ٣٧ و ٥٠ متراً .

١١,٤) سوق الخميس Suq Al-Khamis

يقع على خط عرض ١٣َ ١٩ْ شمالاً وخط طول ٣٢َ ٤١ْ شرقًا وهو عبارة عن بعض أكاسيد وكربونات النحاس في تتابع بركاني من صخور الريوليت المتحولة تمتد لمسافة ١٢٠٠ متر مع اتجاه مضرب الطبقات (شكل ٢٣).

كما أن هناك تمعدنًا مماثلا في صخور بركانية فتاتية تبعد حوالي ١٣كم إلى الغرب من سوق الخميس، وعلى خط عرض ١٠َ ١٩ْ شمالاً وخط طول ٢٤َ ٤١ْ شرقًا. يمتد التمعدن هنا لمسافة ٢كم وبعرض ٧٠٠م ويحتوي على البيريت والملاكيت منثورة في صخور هذا النطاق.

١١,٥) منجم المُكحّل Mukahal Mine

يوجد هذا التمعدن في جبل زهوة على خط عرض ١٧َ ١٩ْ شمالاً وخط طول ٤٠َ ٤١ْ شرقًا (شكل ٢٣). وهو تمعدن للرصاص والزنك والفضة في صخور الرخام والشست الكلوريتي التابعة لمجموعة عبلة على مقدمة طية محدبة غاطسة شمالا.

يمثل التمعدن الأولي بالجالينا والسفاليريت والكلكوبيريت في نُطُق قص ضيقة (narrow shear zones) تتجه شمالا وتميل بانحدار شديد. وأمكن تتبع التمعدن لمسافة ٢٠٠ متر باتجاه مضرب الطبقات وعرضه ما بين ١ و ٥٠سم (Bayly 1972).

١٢) أجاجيات البحر الأحمر (تمعدن منخفض أطلنطس)
Red Sea Brine Deeps (Atlantis Deep Mineralization)

اكتشفت سفينة الأبحاث أطلنطس عدداً من المنخفضات التي يزيد عمقها عن ٢٠٠٠م على امتداد الأخدود الممتد في منتصف البحر الأحمر موازيا لكل من شاطئيه الغربي والشرقي. وفي أبحاث لاحقة ثبت أن هذه المنخفضات تتميز بوجود طبقة من الأجاج (brine) الحار الذي تفوق درجة حرارته ٦٠ْم، وأن بعضها يحتوي على رواسب معدنية حديثة التكوين متبادلة مع الرسوبيات في قيعان هذه المنخفضات، وأهم هذه المنخفضات وأكبرها هو منخفض أطلنطس الذي يقع على بعد ١٠٠ كم

للغرب من مدينة جدة في المنطقة الوسطى ما بين المملكة العربية السعودية وجمهورية السودان الشقيقة، خطي عرض ٢١ْ - ٢٢ْ شمالًا وخط طول ٣٨ْ شرقًا (شكل ٢٥). لذا فقد تم الاتفاق بين الدولتين على إجراء الدراسات اللازمة لهذا المنخفض والمنخفضات الأخرى بين الدولتين ومعرفة إمكانياتها الاقتصادية. وبناء على ذلك، تأسست الهيئة السعودية السودانية لاستغلال ثروات البحر الأحمر. قامت هذه الهيئة منذ تأسيسها بالتعاقد مع شركات متخصصة لإجراء الدراسات المطلوبة، من أهمها شركة برويساج (Pruessag) الألمانية، بالإضافة إلى ذلك أجريت بحوث مختلفة في كثير من الجامعات على هذه الرواسب المعدنية الحديثة تحت التكوين مما ساعد كثيراً في فهم طبيعة تكوين ونشأة تمعدنات عصر ما قبل الكمبري المشابهة في وضعها الجيولوجي العام.

منخفض أطلنطس

يتراوح عمق هذا المنخفض ما بين ٢٠٠٠ - ٢٢٠٠م عن سطح الماء، ويغطي مساحة ٦,٤ كيلو متر مربع (شكل ٢٦) ويحتوي على رسوبيات طينية تحتوى على طبقات متمعدنة يصل معدل سمكها الإجمالي إلى ٢٥م تقريبًا في وسط المنخفض، يقل السمك تدريجًا على جوانبه، ويتراوح سمك الرواسب الطينية المتمعدنة ما بين ٧ و ١٥ متراً ويغطيها أُجاج يمتد حتى سمك ٢٠٠م وتصل درجة حرارته إلى ٦٢ْم وتقل تدريجًا إلى أعلى.

تتميز الرواسب الطينية في هذا المنخفض بالتغير في محتواها المعدني في كلا الاتجاهين الرأسي والجانبي حيث تتركز المعادن ذات القيمة العالية في المناطق الجنوبية وتقل تدريجًا كلما اتجهنا إلى الشمال. وتشغل هذه الرواسب الطينية المتمعدنة قاعًا غير منتظم من فيوض البازلت.

التمعدن: تقسم الرواسب الطينية المتمعدنة في هذا المنخفض إلى خمس طبقات فوق القاعدة (شكل ٢٧) هي من الأعلى إلى الأسفل على النحو التالي:

أولا - طبقة السيليكا والأكاسيد غير المتبلّرة (amorphous silicates) وهذه

فقيرة التمعدن ، مشبعة بالأُجاج ، لونها بني غامق أو أسود ويتراوح سمكها بين ١ و ٥ متر ، وتتكون من معادن مونتموريلُونيت ومنجانوسيدريت وسفاليريت وقليل من البيريت .

ثانيا – طبقة الكبريتيدات العليا (upper sulfide zone) وهي أعلى الطبقات المتمعدنة ، ولونها بني فاتح إلى أسود ويتراوح سمكها بين ٢/١ و ٥ متر ، وتتكون أساسا من البيريت والسفاليريت والكلكوبيريت مع بعض أكاسيد وسليكات الحديد .

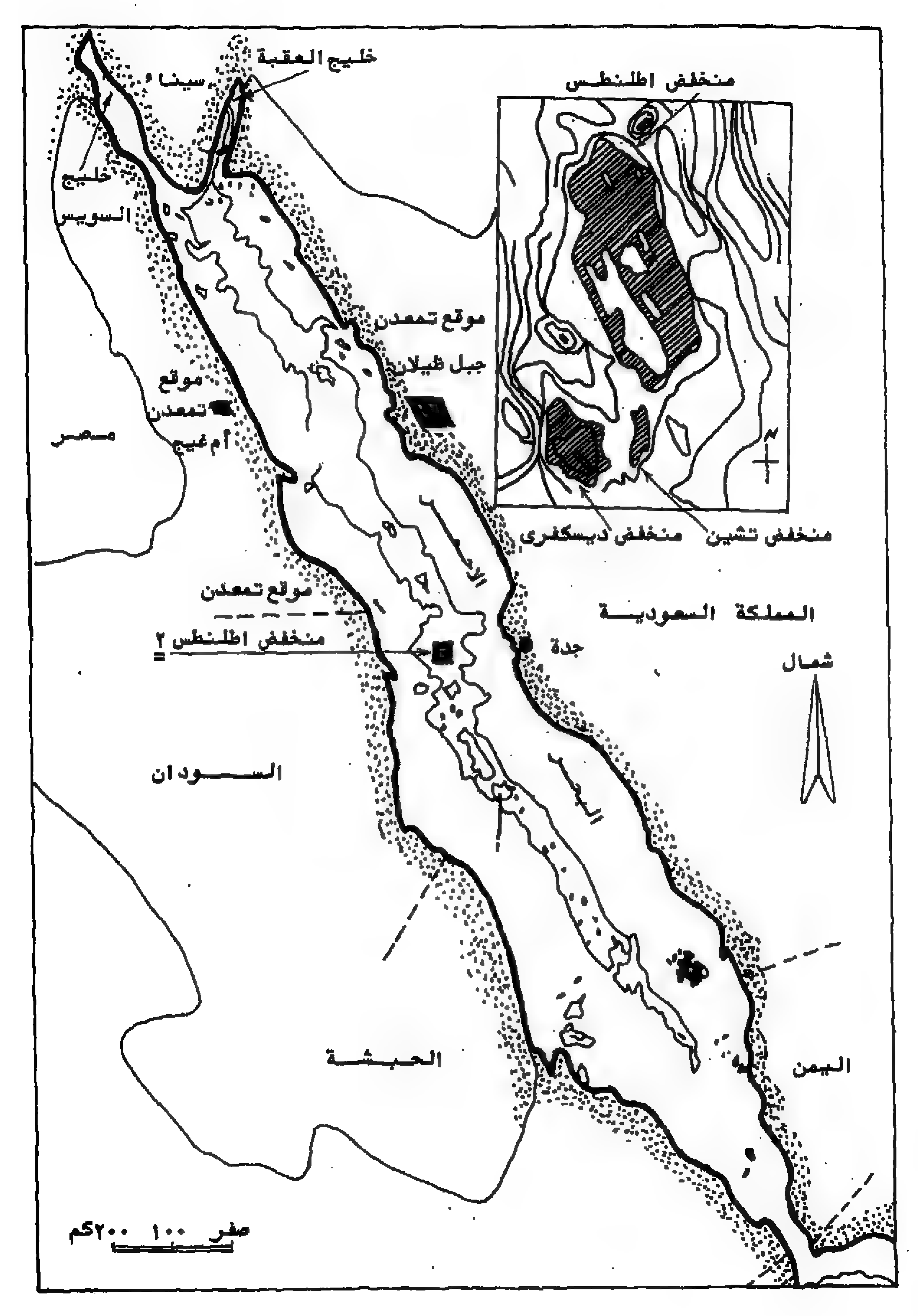
ثالثا – طبقة أكاسيد الحديد (iron oxide zone) ويتراوح سمكها ما بين نصف متر إلى ٩ متر ، وتفتقر هذه الطبقة إلى معادن الكبريتيدات وتتكون من معادن الجيثيت والهيماتيت والمونتموريلُونيت الغني بأكاسيد الحديد .

رابعا – طبقة الكبريتيدات السفلى (lower sulfide zone) وهي ثاني الطبقات المتمعدنة ويتراوح سمكها بين ١ – ٤ متر ، وتتكون من نفس المعادن المكونة لطبقة الكبريتيدات العليا .

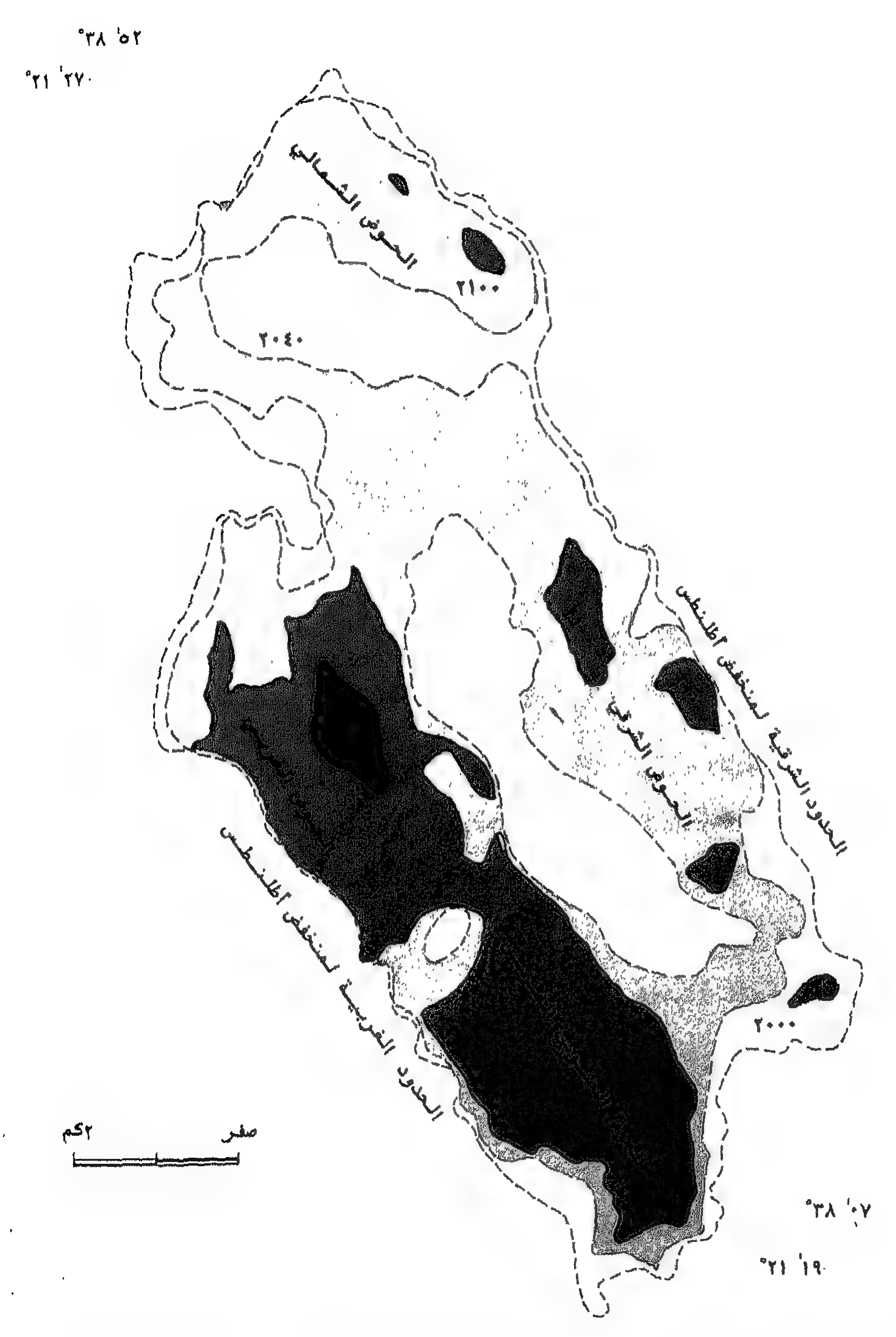
خامسا – طبقة فتاتية (clastic zone) ، تشكل قاعدة القطاع الرسوبي في المنخفض يتراوح سمكها بين ٢ – ٢٨ متراً وتتكون من خليط من الفتات الطيني المنقول وأكاسيد الحديد وبعض البيريت ومعادن الكربونات (كالسيت – أراجونيت) .

أما القاعدة (base) ، فتتكون من فيوض البازلت الوسادية وتمثل القاعدة التي تراكمت عليها رسوبيات المنخفض لاتوافقيا .

وتشكل الطبقات الأربع الأولى والمتر العلوي من الطبقة الخامسة جسم الخام في منخفض أطلنطس . وتتميز جميع المعادن المذكورة في التمعدن بصغر شديد في حجم حبيباتها إذ تتراوح ما بين ٢ و ١٠ ميكرون ، وتوجد في تجمعات (aggregates) ، وتندر بينها البلورات المفردة وتترتب في طبقات رقيقة للغاية تتميز بألوانها الصفراء والحمراء والسوداء تبعا لاختلاف نسب المعادن المكونة ودرجة الأكسدة . وتوجد أعلى نسب الزنك والنحاس والرصاص والفضة والزرنيخ والبزموث في طبقة الكبريتيدات العليا بالمقارنة مع الطبقات الأخرى ، كما تحتوي كذلك على أعلى تركيز للهيماتيت والجير وكل من السترونشيوم والباريوم .



شكل (٢٥) خريطه البحر الأحمر توضح موقع منخفض أطلنطس .



شكل (٢٦) خريطة منخفض أطلنطس المتمعدن مبين عليها الأعماق بالأمتار . معدلة من Backer and Richter (1973) .

الوحدات المتطبقة	التغيرات المحليـة	العمر	النسبة المئوية لوجود الكبريتيدات	السمك بالأمتار
الوحدة السيليكاتية (١)	بريشيا هيماتيتيـة	هولوسين		١ - ٥ م
وحدة الكبريتيدات العليا (٢)	قليل من البازلت يكثر الانهيدريت محليا			١/٢ - ٥ م
وحدة الأكاسيد الوسطى (٣)	قليل من الجبس والانهيدريت قليل من البازلت			١/٢ - ٩ م
وحدة الكبريتيدات السفلى (٤)	قليل من الأنهيدريت			١ - ٤ م
وحدة الفتات الطيني والأكاسيد والبيريت (٥)	أول ظهور للطبقات العلدة مع قليل من البازلت قليل من الأنهيدريت	بليستوسين		٢ - ٢٨ م
صخور بازلتية				

شكل (٢٧) منحني مع جدول توضيحي لمنطقة تمعدن أطلنطس - البحر الأحمر. معدلة من Backer (1976).

أما طبقة الأكاسيد الرئيسة فتحتوي على تركيزات متغايرة للعناصر المختلفة، ويزيد تركيز النحاس والزنك والرصاص في المترين العلويين منها عنه في باقي الطبقة.

نشأة التمعدن : هناك نظريتان لنشأة تمعدن البحر الأحمر :

❑ **النظرية الأولى :** حيث يسود الاعتقاد بأن تمعدن منخفضات البحر الأحمر مشتق من البازلت الموجود في الأخدود الأوسط للبحر وذلك عن طريق غسل مكوناته الفلزية منه بوساطة التيارات الدورانية، أو أنها قد اشتقت من الصخور الرسوبية على جانبي الأخدود الذي يحوى المنخفضات ، وهي في العادة رسوبيات ريحية الأصل أو مجلوبة للبحر عن طريق الأنهار والأودية، كما تحتوي على بعض الصخور حيوية الأصل مثل الشعاب المرجانية وغيرها .

أما الكبريت الذي اتحد مع العناصر الفلزية ليكون الكبريتيدات فيعتقد بأنه اشتق من الأملاح التبخيرية (الجبس والأنهيدريت الموجودة بكثرة في رسوبيات الميوسين في البحر الأحمر) عن طريق اختزال شق الكبريتات بوساطة البكتيريا المختزلة للكبريت (sulfur-reducing bacteria) .

❑ **النظرية الثانية :** تفترض هذه النظرية أن العناصر الفلزية لتمعدن البحر الأحمر قد ترسبت عن طريق مياه البحر التي تخللت طبقات الأملاح التبخيرية والرسوبيات الأخرى المتطبقة والموجودة على جانبي البحر الأحمر عن طريق تيارات الحمل التي سببتها الصهارة في قاع البحر الأحمر، وهذا ساعد في تكون محاليل أُجاجية (brines) تتخلل الصدوع والشقوق والمسام في الصخور وتتحول إلى محاليل حرمائية ترسب حمولتها في المنخفضات كما هو الحال في منخفض أطلنطس.

أما الكبريت فيعتقد بأنه مشتق من المحاليل الحرمائية كذلك، إذ يشبه في خواصه ذلك الكبريت البركاني الأصل أو ذلك المصاحب للرسوبيات البركانية الأصل.

وكما هو معروف، فإن منخفضات البحر الأحمر بما في ذلك منخفض أطلنطس تقع جميعها على الخندق الوسطى للبحر الأحمر، وبذلك يكون التمعدن من نوع التمعدنات الواقعة في منتصف أعراف المحيطات ، إذ يمثل خندق وسط البحر الأحمر

أحد أحدث هذه الأعراف المحيطية .

اقتصاديات تمعدن أطلنطس : يحتوي هذا المنخفض على الاحتياطيات الآتية :

أولا : ٧٢٨ مليون طن خام مؤكد تحتوي على :

١,٩٥ مليون طن زنك

٠,٥ مليون طن نحاس

٤٠٠٠ طن فضة

٨ طن ذهب

ثانيا : ٤٧٠ مليون طن احتياطي محتمل جدا تحتوي على :

٤٦٣,٠٠٠ طن زنك وكميات مكافئة من النحاس والفضة والذهب كما في أولا وهي :

١١٨,٠٠٠ طن نحاس

٩٥,٠ طن فضة

١,٨ طن ذهب

بالإضافة إلى بعض معادن الكوبلت والنيكل والكادميوم .

الزنك والرصاص
Zinc (Zn) and Lead (Pb)

جرى العرف على التعامل مع فلزي الرصاص والزنك في موضوع واحد حيث إنهما - وبالرغم من الاختلاف في صفاتهما الكيميائية - كثيراً ما يكونان رواسب مشتركة تكون المعادن السائدة فيها هي السفاليريت sphalerite (ZnS) والجالينا galena (PbS) ونواتج تأكسدهما . وفي بعض الرواسب يصاحب الرصاص والزنك

بعض النحاس، والرواسب التي يوجد فيها الزنك فقط أو الرصاص فقط نادرة بكل المقاييس. لذا سنتناولهما معا في هذه الدراسة.

عرف القدماء فلز الرصاص حيث استخدم في مصر القديمة، كما استعمله الرومان في أنابيب لتوصيل المياه إلى الحمامات العامة (بعض استخداماته الحالية). أما الزنك فعُرف كفلز فقط في سنة ١٥٢٠م وإن كان الإغريق قد استخدموه بدون معرفته في تحضير سبائك النحاس الأصفر.

يتراوح الإنتاج العالمي من الرصاص ما بين ٥,٢ و ٤ مليون طن سنويا، وأهم الدول المنتجة له هي الولايات المتحدة (١٦٪)، الاتحاد السوفيتي (١٢٪)، إستراليا (١٢٪)، كندا (١٢٪)، المكسيك (١٠٪). أما الزنك فيبلغ الإنتاج السنوي منه حوالي ٦ مليون طن وأهم الدول المنتجة له هي الاتحاد السوفيتي (١٤٪)، كندا (٩٪)، إستراليا (٩٪)، الولايات المتحدة (٨٪)، وبولندا (٤٪).

يأتي الرصاص والزنك بعد النحاس مباشرة في الاستخدامات الصناعية، فيستخدم الرصاص في صناعة البطاريات وتغطية الكوابل وصناعة الذخيرة والصناعات الكيميائية وغيرها. أما الزنك فأكثر استعمالاته في عمل الألواح وصناعة السيارات وجلفنة الحديد وصناعة سبائك النحاس الأصفر وصناعة البويات وغيرها.

معادن الرصاص والزنك المهمة اقتصاديا بسيطة للغاية وبيانها كالتالي:

معادن الرصاص

جالينا galena (PbS) ويحتوي على ٨٦,٦٪ رصاص.

سيروسيت cerussite ($PbCO_3$) ويحتوي على ٧٧,٥٪ رصاص.

أنجليزيت anglesite ($PbSO_4$) ويحتوي على ٦٨,٣٪ رصاص.

معادن الزنك

سفاليريت sphalerite (ZnS) ويحتوي على ٦٧,٠٪ زنك.

سميثسونيت smithsonite ($ZnCO_3$) ويحتوي على ٥٢,٠٪ زنك .

هيميمورفيت hemimorphite (calamine) $Zn_4Si_2O_7(OH)_2H_2O$ ويحتوي على ٥٤,٠٪ زنك .

زنكيت zincite (ZnO) ويحتوي على ٨٠,٣٪ زنك .

ويلّيميْت willemite Zn_2SiO_4 ويحتوي على ٥٨,٥٪ زنك .

فرانكلينيت franklinite Zn, Fe, Mn $(Fe,Mn)_2O_4$ ويحتوي على ١٠ إلى ٢٦٪ زنك و١٠ - ١٦٪ منجنيز .

تعتمد الرتبة الاقتصادية لخامات الرصاص بصفة أساسية على محتواه من الفضة الموجودة في الجالينا . فعند غياب الفضة يجب ألا تقل رتبة الرصاص عن ٤٪ تقريبا ، لكن من الممكن اقتصاديا استغلال خامات تحتوي على ٢٪ رصاص في وجود كميات معقولة من الفضة . أما الزنك فعادة ما تتراوح خاماته الاقتصادية بين ٤ و ١٢٪ زنك .

يوجد الرصاص والزنك أو أحدهما في أنواع عديدة من الرواسب التي تتكون في بيئات جيولوجية مختلفة لعل أهمها :

❑ خامات رسوبية متطبقة (stratiform sedimentary deposits) متزامنة مع تكون الصخور الرسوبية الحاوية لها مثل راسب كوبر شيفر في ألمانيا أو الردينية في المملكة العربية السعودية .

❑ خامات إحلالية بين طبقية متزامنة (strabound replacement deposits) أو متطبقة في صخور الكربونات مثل خامات وادي مسيسبي في الولايات المتحدة ووادي ظيلان على ساحل البحر الأحمر شمال مدينة أملج بالمملكة العربية السعودية .

❑ خامات كبريتيدية كتلية بركانية رسوبية متزامنة (volcanogenic massive sulfide deposits) مع البركانيات الحاوية لها مثل خامات كوروكو (Kuroko) في اليابان وبروكن هل (Broken Hill) في إستراليا .

❑ رواسب العروق (vein deposits) بصحبة الفلزات النفيسة وغيرها مثل

فريبرج (Freiberg) في ألمانيا، وإلي حد ما رواسب مهد الذهب والآمار في المملكة العربية السعودية. ويوجد الرصاص كذلك بصحبة باريت رابغ في بعض العروق.

☐ رواسب إحلالية (replacement deposits) مثل سيرودي باسكو في بيرو وبنجام (Bingham) في يوتا بالولايات المتحدة.

الزنك والرصاص في المملكة العربية السعودية

هناك بعض الرواسب التي تحتوي على الزنك بصفة رئيسة مع بعض الفلزات الأخرى مثل النحاس والفضة والرصاص والمنجنيز وعادة ما تكون بنسب قليلة. من أهم هذه الرواسب راسب الخنيقية وراسب المصانع وراسب الشايب (الشعيب) وراسب النقرة وراسب الردينية (شكل ١) وغيرها ومعظمها من الخامات الكبريتيدية الكتلية البركانية الرسوبية.

أما الرصاص فوجوده الأساسي في الشريط الساحلي للبحر الأحمر ضمن الصخور الجيرية التابعة لعصر الميوسين، وهو من الخامات الإحلالية من نوع وادي المسيسبي، ومن أمثلته المهمة جبل ظيلان (شكل ٢٥). كما يوجد بكميات قليلة في منجم المكحل شرق مدينة القنفذة في شمال منطقة تمعدن النحاس بوادي يبا (شكل ٢٣).

١) الخنيقية Al Khinaiguiyah

تضم منطقة الخنيقية أربعة رواسب رئيسة بالإضافة إلى أحد عشر موقعًا ذات أهمية أقل. وتقع منطقة التمعدن إلى الشرق من درز التحام الأمار - إدساس في إقليم الرين، على بعد حوالي ٦٧٥ كم إلى الشرق من جدة (شكل ١).

ويعتبر الراسب رقم (٢) أهم راسب في المنطقة، وأفضلها دراسة من الناحية الاقتصادية، لذا سنركز شرحنا عليه. هذا وتتشابه معظم الرواسب الأخرى من حيث وضعها الجيولوجي ونشأتها والمعادن المكونة لها إلى حد كبير (Idris 1988).

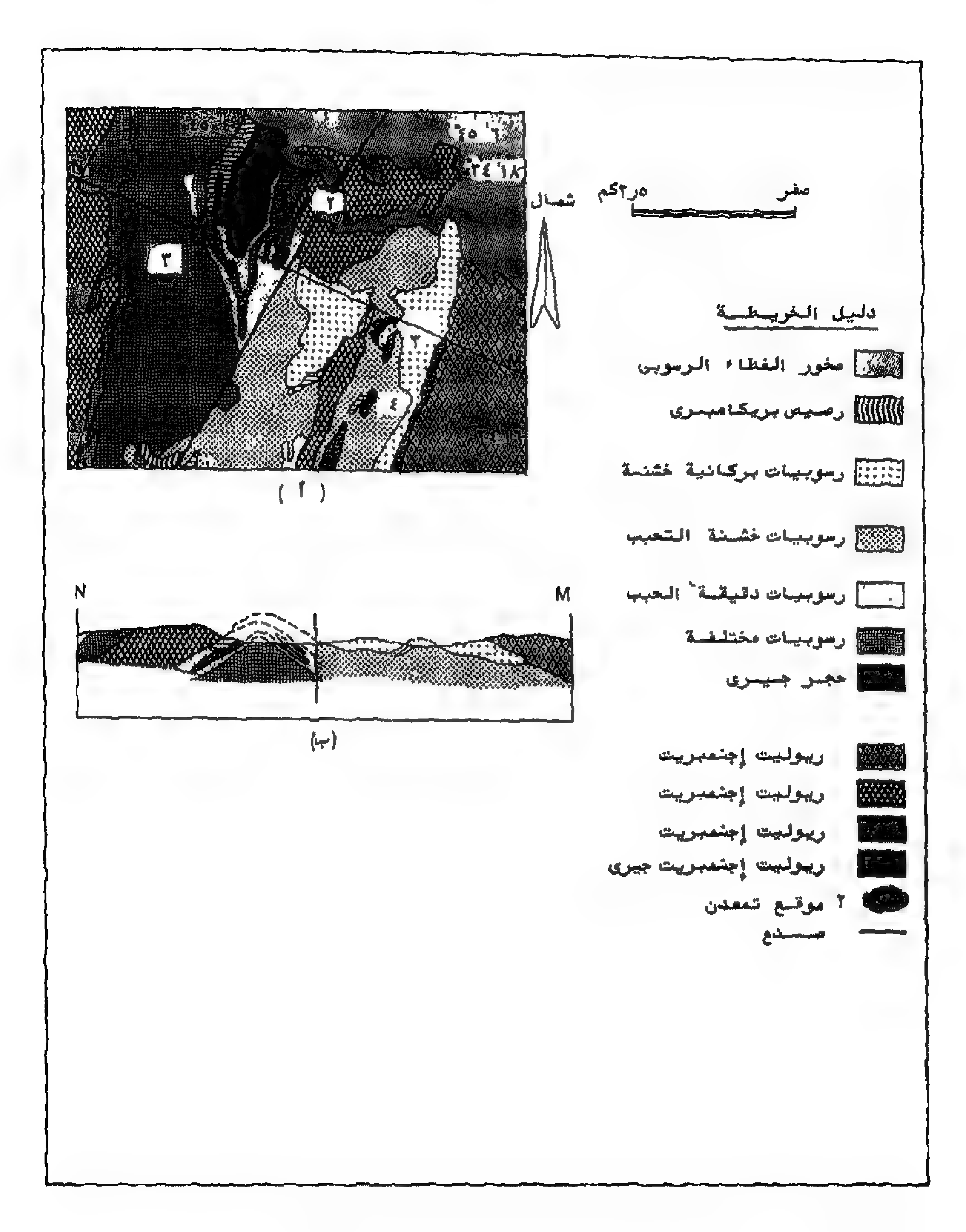
الوضع الجيولوجي: يوجد التمعدن في الصخور البركانية والبركانية الرسوبية

التابعة لمجموعة الآمار من قوس الآمار البركاني (شكل ٢٨ أ)، بالقرب من درز التحام الآمار - إدساس، وهناك علاقة زمانية بين تكون التمعدن في قوس الآمار البركاني وبين التطور الصهاري من تبركن قاعدي إلى تبركن فلسي انفجاري، كما أن هناك علاقة مكانية بين التمعدن ومراكز النشاط البركاني وأنظمة الماء الساخن (hydrothermal systems) والداخنات المصاحبة (exhalations) ويدل وجود كميات كبيرة من الإجنمبريت متطبقة مع رسوبيات بحرية على وجود حوض ترسيب خسفي الأصل (graben) بين جزر القوس البركاني.

تداخلت في صخور مجموعة الآمار محقونات مصاحبة لتكون القوس. كما يغطي مجموعة الآمار (وما تداخلها من محقونات) لاتوافقيا - رصيص القاعدة لمجموعة حامر (Hamir group) والتي تشمل متكونًا سفليًا من الفتاتيات الغليظة وبعض طبقات الكربونات (متكون الصليب) ثم بعض فيوض البازلت والأنديزيت (متكون السدارة) (Testard *et al.* 1980).

يمثل التتابع الصخري في منطقة التمعدن اربع دورات بركانية متتابعة يفصل بينها طبقات رسوبية رقيقة تمثل فترات توقف النشاط البركاني (شكل ٢٨ أ). والصخور البركانية تشمل الريوليت والريوداسيت ذات الطابع القلوي، بالإضافة إلى بعض الإجنمبريت وصخور الطَّف دقيق التحبب وبعض الصخور الجيرية والصوان والجاسبر. ويتزايد سمك هذه الرسوبيات كلما اتجهنا في اتجاه مركز منطقة التمعدن. صاحب فترات توقف النشاط البركاني في المنطقة وتكون الصخور الرسوبية تمعدنات من أكاسيد الحديد الأولية (هيماتيت ومجنيتيت) وكبريتيدات الفلزات القاعدية (سفاليريت وكلكوبيريت وبيريت) وأدلة على نشاط الماء الحار (Testard *et al.* 1980).

التتابع الصخري في المنطقة مطوي على هيئة طية محدبة إقليمية يضرب محورها شمال - جنوب (شكل ٢٨ ب)، وصخور المنطقة متحولة إلى سحنة الشست الأخضر، تنطبع عليها سحنات تحول حراري تماسي أعلى من ذلك على حواف المحقونات اللاحقة.



شكل (٢٨) أ - خريطة جيولوجية لمواقع تمعدن الزنك في منطقة الخنيقية .

ب - مقطع جيولوجي A - A يوضح الوضع الجيولوجي والتكتوني للمنطقة . معدلة من Testard *et. al.* (1980) .

التمعدن في الخنيقية : تنتمي الرواسب الأربعة الرئيسة والأحد عشر موقعًا صغيراً للتمعدن الموجودة في منطقة الخنيقية إلى مجموعة الرواسب المعدنية الطباقية الحرمائية الزفيرية (stratiform hydrothermal exhalative deposits) . ورغم أنها تصاحب بعضًا من الصخور الرسوبية الكيميائية والطّف ، إلا أنها ترتبط ارتباطا وثيقا بالصخور البركانية السيليسية الانفجارية ، وتعطي شواهد تدل على انتمائها إلى الرواسب المنتمية إلى نوع كوروكو في اليابان (Idris 1988) .

الرواسب الطباقية (stratiform) الموجودة في المنطقة ، والتي تشمل جسم الخام رقم (٢) ، توجد في الصخور الرسوبية لنطاق من الطّف اللويبي (lapilli tuff) الريوليتي ، في حين يتكون الحائط المعلق من الطّف الصواني (cherty tuffite) وبعض الطّف اللويبي .

ويشكل المجنيتيت – سبيكيولاريت الكتلي معظم التمعدن ، وأصل هذه الأكاسيد غير معروف على وجه التحديد وإن كان المعتقد أن كلاً من العمليات الحرمائية (hydrothermal processes) والعمليات التالية سطحية الأصل (supergene processes) قد لعبت دوراً في تكوينها . وتمثل هذه الأكاسيد المراحل الأولى للتمعدن ، تبعها تكون كميات أقل نسبيًا من الكبريتيدات والتي توجد بعض عريقات منها قاطعة في الأكاسيد (Testard *et al.* 1980) .

تم التعرف على ثلاثة أجيال من الكبريتيدات :

- طور مبكر أسود اللون من السفاليريت – هيماتيت – بيريت .
- ثم طور من الكلكوبيريت – بيريت – هيماتيت وكلوريت .
- ثم طور أخير تكونت فيه طبقة من السفاليريت الفاتح اللون في أعلى عدسة الخام .

يبدي التمعدن ترتيبا نطاقيا (mineral zonation) واضحا حيث يوجد تمعدن النحاس (عريقات من الكلكوبيريت والكلوريت مع كميات إضافية من التيلوريدات) في جسم من هيماتيت – مجنيتيت كتلي عند قاعدة التمعدن ويكون نواة العدسة ، يتغير تمعدن النحاس هذا تدريجا جانبيا ورأسيا إلى تمعدن نحاس – زنك (عريقات وخطوط

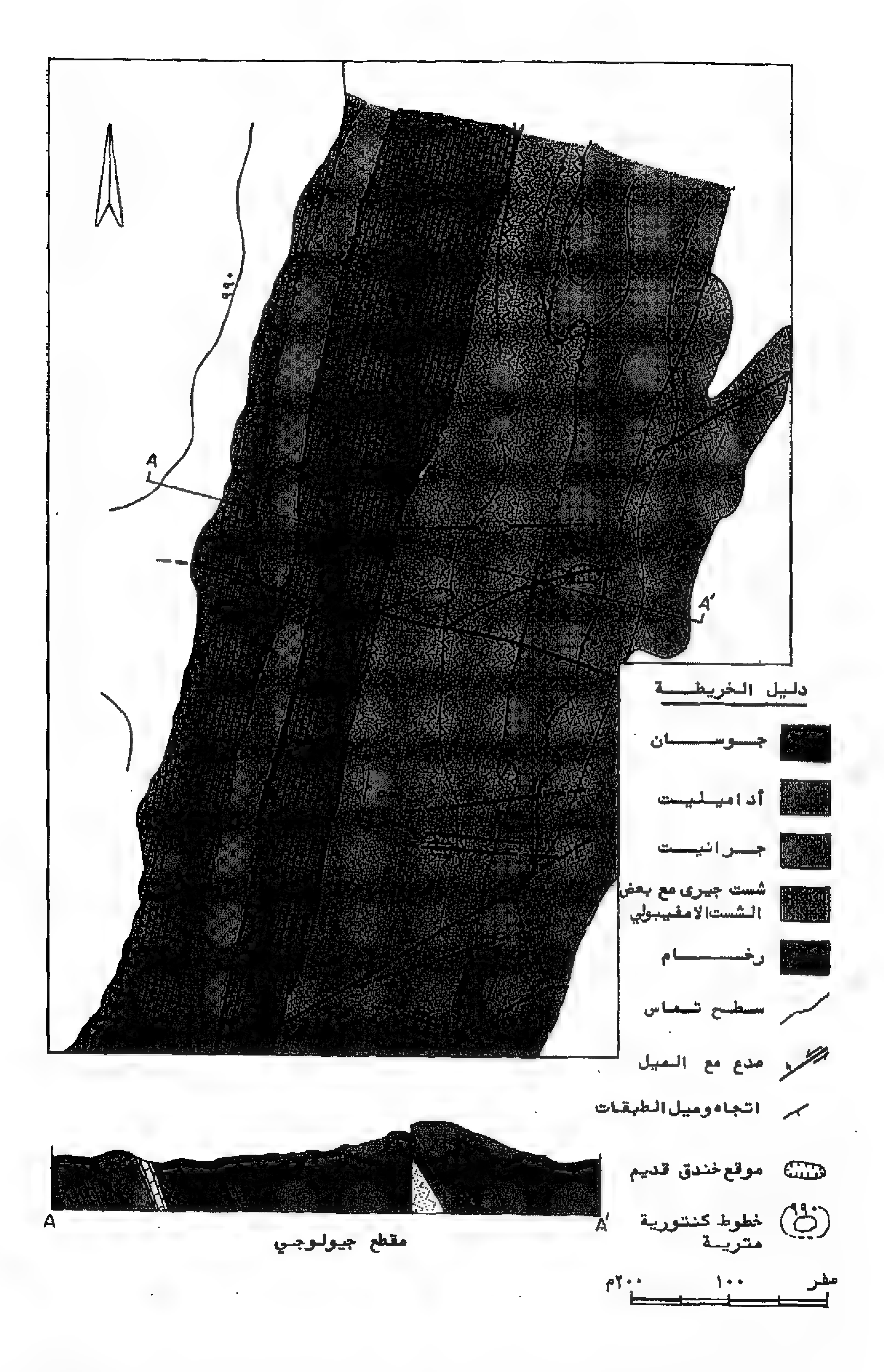
من البيريت والهيماتيت والمجنيتيت والسفاليريت والكلكوبيريت) على حواف أجسام أكاسيد الحديد ممتداً في الطف المتحول إلى جارنت - إبيدوت - كلوريت. ويتدرج نطاق النحاس - زنك بدوره إلى هالة خارجية غنية بالمنجنيز والمغنيسيوم والكالسيوم والتي سهلت تكون الجارنت بوفرة. يحيط بجسم الخام نطاق من التغير الحرمائي (hydrothermal alteration) يتمثل في التغيُّر إلى إبيدوت - سيليكا - بيريت في حائط القدم (ربما بصحبة بعض الصدوع) إلا أنه لا يمكن اعتبار هذه الصدوع مسارات التغذية التي صعدت من خلالها المحاليل الممعدنة. بالإضافة يوجد نطاق تغير مغنسيوم - كلوريت - سيليكا يمتد من ٣٠ - ٤٠ مترا في الحائط المعلق (Testard *et al.* 1980).

الاحتياطيات والرتبة : قدرت احتياطيات الأجسام الأربعة بمنطقة الخنيقية (باستعمال ٣٪ زنك) كحد للتعدين (cut-off grade) في حدود ٤٩,٥ مليون طن من الخام الحاوي على ٣٪ زنك، منها ١٣,٣ مليون طن بها ٠,٦٣ نحاس بالإضافة إلى الزنك. وقدرت الاحتياطيات الممكن الحصول عليها بالتعدين المكشوف (opencast mining) بحوالي ١٣,٩ مليون طن من خام يحتوي على ٥٪ زنك و٠,٣٦٪ نحاس (Testard *et al.* 1980).

٢) الردينية (Ar-Ridayniyah)

يقع جبل الردينية على مسافة ٥ كم جنوب قرية الحفيرة التي تبعد حوالي ٤٠ كم للشرق من مدينة الدوادمي بالقرب من الحافة الشرقية للدرع العربي، وعلى بعد حوالي ٧٠٠ كم من مدينة جدة على خط عرض ٢٢َ ٢٤ْ شمالاً وخط طول ٣٨َ ٤٤ْ شرقًا.

وتمعدن الردينية الأساسي تمعدن رسوبي متطبق (stratiform) يتمثل على السطح بعدسات من الجوسان موازية لتطبق الصخور المضيفة (شكل ٢٩) يصل عمق التأكسد إلى حوالي ٤٠ متراً تحت سطح الأرض، يظهر بعدها التمعدن الأولي في عدسات كتلية منتظمة في رقائق دقيقة متوازية وموازية لرقائق من المعادن الجيرية والسيليكاتية المتطبقة معها. ويتكون التمعدن هنا من البيروتيت - المتحول من البيريت - ومن السفاليريت والبيريت وقليل من الجالينا ومن الماركزيت والأرزينوبيريت والكلكوبيريت والكاسيتيريت والستانيت وبعض الأرجنتيت، ويعتقد أن التمعدن قد نشأ من أصل



شكل (٢٩) خريطة جيولوجية لتمعدن الردينية في منطقة الدوادمي . مبسّطة عن Al Shanti (1976) .

بركاني زفيري بعيد (distal type) في حوض ترسيب به نشاط بركاني (Al Shanti 1976) .

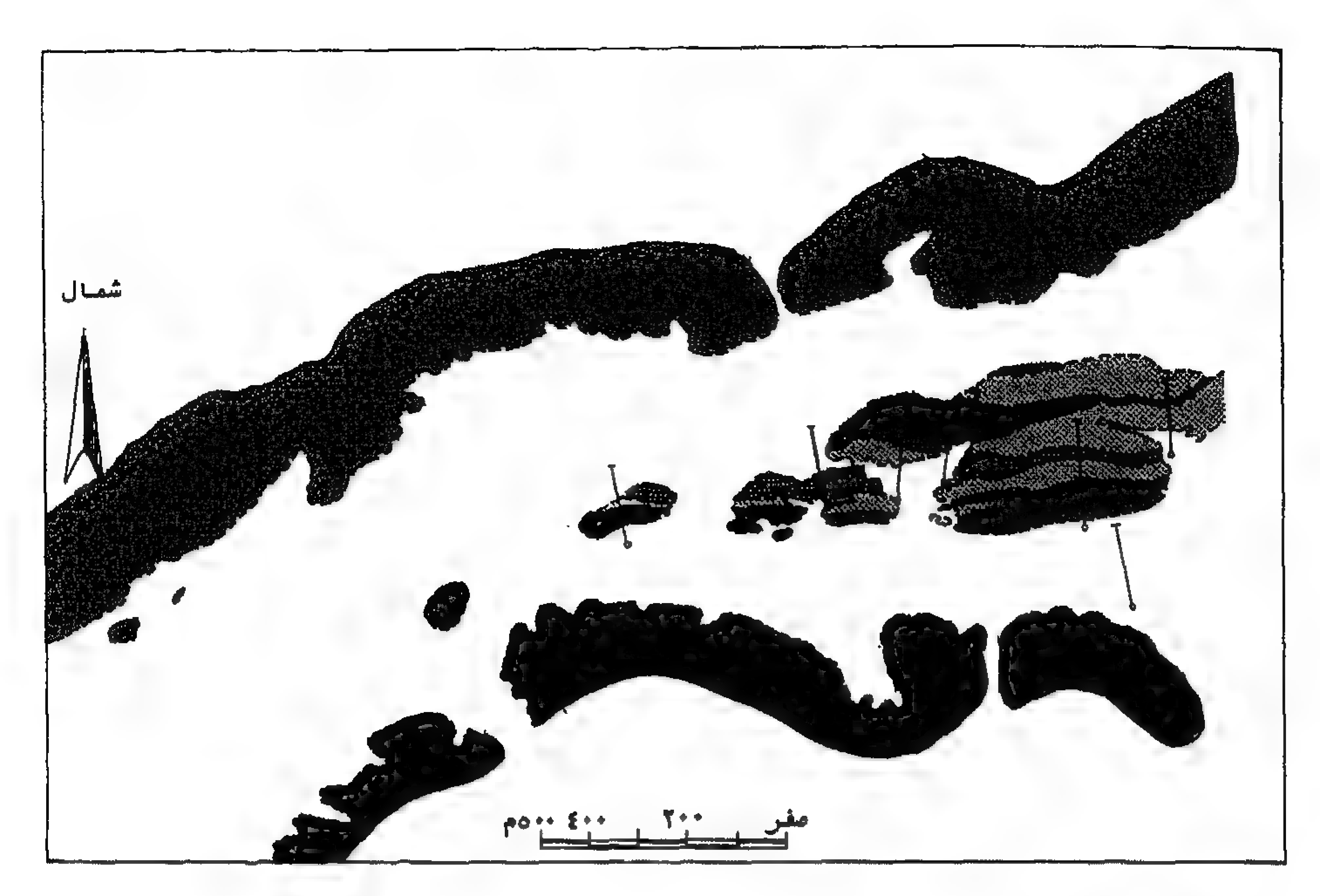
والصخور المضيفة رسوبية متحولة ، تتكون من رخام وشست جيري ودولوميت مترسبة ضمن رسوبيات شاطئية لعصر ما قبل الكمبري، يطلق عليها اسم متكون الردينية، وتمثل الرف القاري لمجموعة العبط (العبد) التي تغطي مساحات كبيرة في تلك المنطقة.

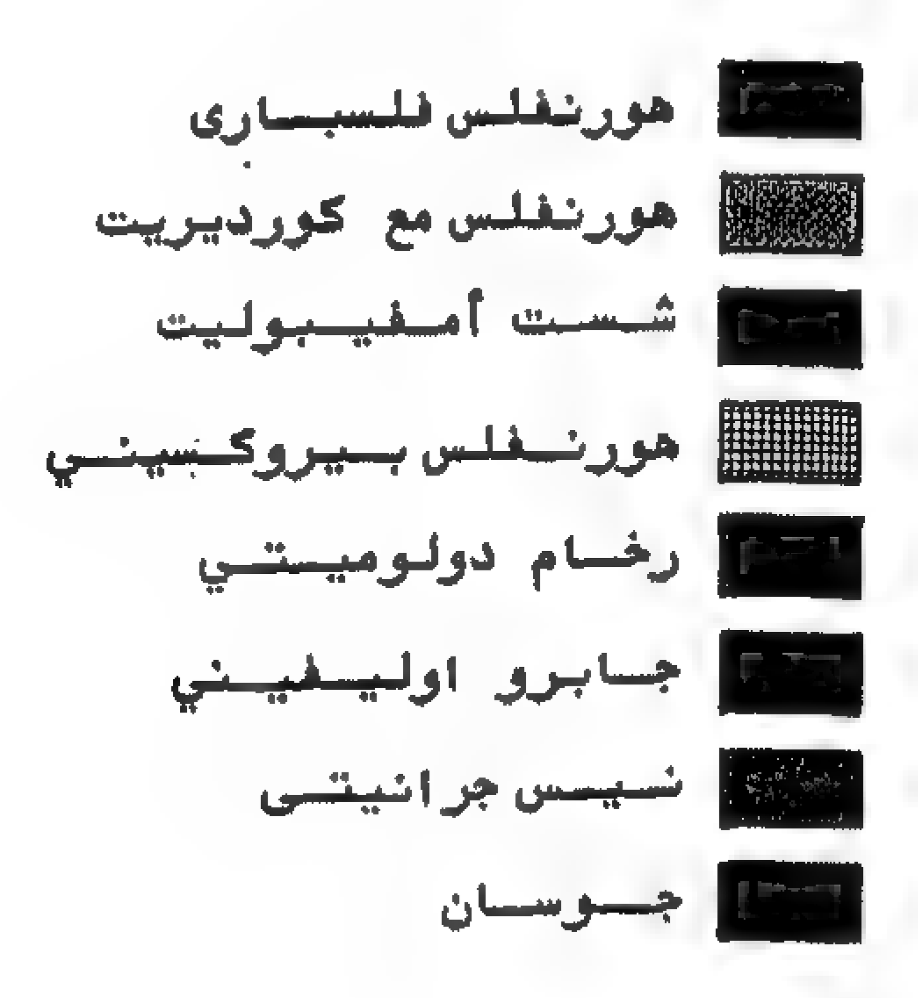
هذا وقد تأثرت منطقة الردينية بالتصدع مما تسبب في تزحزح العدسات المتمعدنة وتقطعها بصدوع شبه رأسية. وقد وجد أن هناك العديد من أعمال التنقيب القديمة تركزت على هذه الصدوع في نطاق التمعدن الكتلي وغيرها من المواقع المجاورة، ربما احتوت على تمعدن للفضة يزيد عما هو موجود حاليا في التمعدن الكتلي، ولذا استخرجها الأقدمون. أما في نطاق التمعدن الكتلي فقد تسببت الصدوع في تركيز معادن السفاليريت والبيريت والبيروتيت والكلكوبيريت فيها بالإضافة إلى ترسب معادن القصدير والفضة بكميات قليلة من المحاليل الحرمائية اللاحقة والتي يعتقد بأنها مصاحبة للجدد القاطعة والمتوافقة الجرانيتية المنتشرة بكثرة في متكون الردينية (Al Shanti 1976) .

ويقدر احتياطي الخام في الردينية بحوالي نصف مليون طن تحتوي على ٦,٤٪ زنك.

٣) الشايب (الشعيب) (Ash-Shaib)

يوجد هذا الموقع في جنوب شرق الدرع العربي على خط عرض ١٥َ ١٩ْ شمالا وخط طول ٤٠َ ٤٣ْ شرقا (شكل ١) وهو موقع تمعدن للنحاس والزنك. يتكون من عدد من العدسات الكتلية والمنثورة الحاملة لكبريتيدات الزنك والنحاس في شريط من الرسوبيات المتحولة محصور بين محقون جرانيتي وآخر من الجابرو (شكل ٣٠) وقد تحوّل الدولوميت والشست إلى هورنفلس بالقرب من حدود التماس مع الأجسام المحقونة وانطوت باتجاه شرق غرب وقطعت بصدوع تتجه شرق - غرب، وشمال غرب وشمال شرق.





شكل (٣٠) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الشعيب. معدلة من Allcot (1969) .

يحتوي التمعدن المصاحب للصخور الجيرية على البيريت والسفاليريت والكلكوبيريت والجالينا ، أما المعادن الغثة فهي الباريت والكوارتز. ويمثل السفاليريت أهم المعادن في هذا الموقع وأكثرها نسبة .

يبلغ احتياطي التمعدن ١,٣٤٨,٠٠٠ طن تحتوي على ٥٨,٤٪ زنك و٤٣,٠٪ نحاس و٢١ جم/ طن فضة (Allcot 1969) .

القصدير Tin (Sn)

القصدير أحد الفلزات التي استعملها الإنسان في صناعة البرونز، أو غيره من الأغراض، وقد وجد قضيب من البرونز يحتوي على نسبة ٩,١٪ قصدير في أحد مقابر قدماء المصريين التي يرجع تاريخها إلى سنة ٣٧٠٠ قبل الميلاد .

يتميز الفلز بسهولة الانصهار وبكونه غير سام، ولا يتأثر بالأحماض والقلويات المخففة أو الهواء، وبميله لصنع طبقة رقيقة تغطي غيره من الفلزات والسبائك، كل هذه الصفات وسّعت من مجالات استخدامه. وحاليا يستعمل القصدير أساسا لطلاء الحديد ولصناعة الحديد المجلفن (الصفيح) اللازم لأغراض التعليب وغيرها، كما يستعمل في أعمال اللحام وصناعة البرونز والكيماويات وبعض السبائك ذات المواصفات الخاصة (سبيكة القصدير والنيوبيوم وهي موصل فائق التوصيل) .

بلغ الانتاج العالمي من القصدير حوالي ٢٢٠,٠٠٠ طن متري (١٩٨١) ويأتي حوالي ٩٠٪ من الإنتاج العالمي من ٦ دول هي ماليزيا (٣٢٪)، بوليفيا (١٥٪)، الصين (١١٪)، أندونيسيا (١٢٪)، وتايلاند (١٢٪) واستراليا (٦٪) ويأتي باقي الإنتاج من نيجيريا وكندا والمملكة المتحدة وغيرها .

وفلز القصدير نفسه له صور تان: القصدير الأبيض الذي يتبلور في النظام المربعي (tetragonal) وله كثافة نوعية ٧,٣١جم/ سم٣ والقصدير رصاصيّ اللون الذي يتبلور في النظام المكعبي (cubic) وتبلغ كثافته النوعية ٥,٧٥ جم/ سم٣. ويتحول القصدير الأبيض إلى الرصاصي اللون تحت درجة حرارة ١٣,٢° مئوية ويتوقف هذا التحول عندما يضاف إلى القصدير أحد الفلزات الأخرى كما في السبائك .

ويأتي معظم إنتاج العالم من القصدير من المعدن كاستيريت cassiterite (SnO_2) وإن كانت هناك نسبة بسيطة تأتي من معدن ستانيت stannite ($Cu_2 FeSnS_4$) ومن معدن تياليت teallite ($PbSnS_2$) في بوليفيا. والمعادن الغثة المصاحبة هي دائما المعادن الناتجة عن تعرية الجرانيت المتحولة (كوارتز ، فلسبار وميكا) أو معادن الموليبدنم أو الفضة.

وأهم أنواع رواسب القصدير هي :

١ - رواسب المراقد placer deposits ويأتي منها معظم إنتاج ماليزيا ونيجيريا، وتتراوح رتبة الخام في رواسب المراقد ما بين ٤ ,٠ و ٥ رطل للياردة المكعبة الواحدة.

٢ - رواسب الشبكات العريقية والعروق (stockwork & vein lodes) كما في كورنوول في بريطانيا والعِجْلة في مصر تتراوح النسبة لهذه الرواسب ما بين ١ - ٨٪ قصدير.

٣ - رواسب القصدير المنثور في مناطق الجريزن (greisen zones) في المحقونات الجرانيتية كما في نيجيريا وفي المويلحة بمصر، وكما كانت منطقة كورنوول بإنجلترا.

٤ - رواسب القصدير البورفيري porphyry Sn deposits كما في بعض رواسب بوليفيا .

القصدير في المملكة العربية السعودية

لم تكتشف رواسب ذات احتمالات اقتصادية للقصدير في المملكة حتى الآن، غير الذي اكتشف حديثا في جبل السلسلة والذي يعطي دلالة على احتمالات وجود رواسب أخرى في المنطقة في شمال شرق الدرع العربي. وقد تم الكشف عن مناطق عديدة يشكل القصدير فيها شاذة جيوكيميائية (geochemical anomaly) حيث يوجد بكميات تتجاوز الخلفية (background) بعدة مرات، وخاصة بصحبة الجرانيتات المتخصصة (specialized granites) وهي أحدث جرانيتات الدرع والتي تكونت -

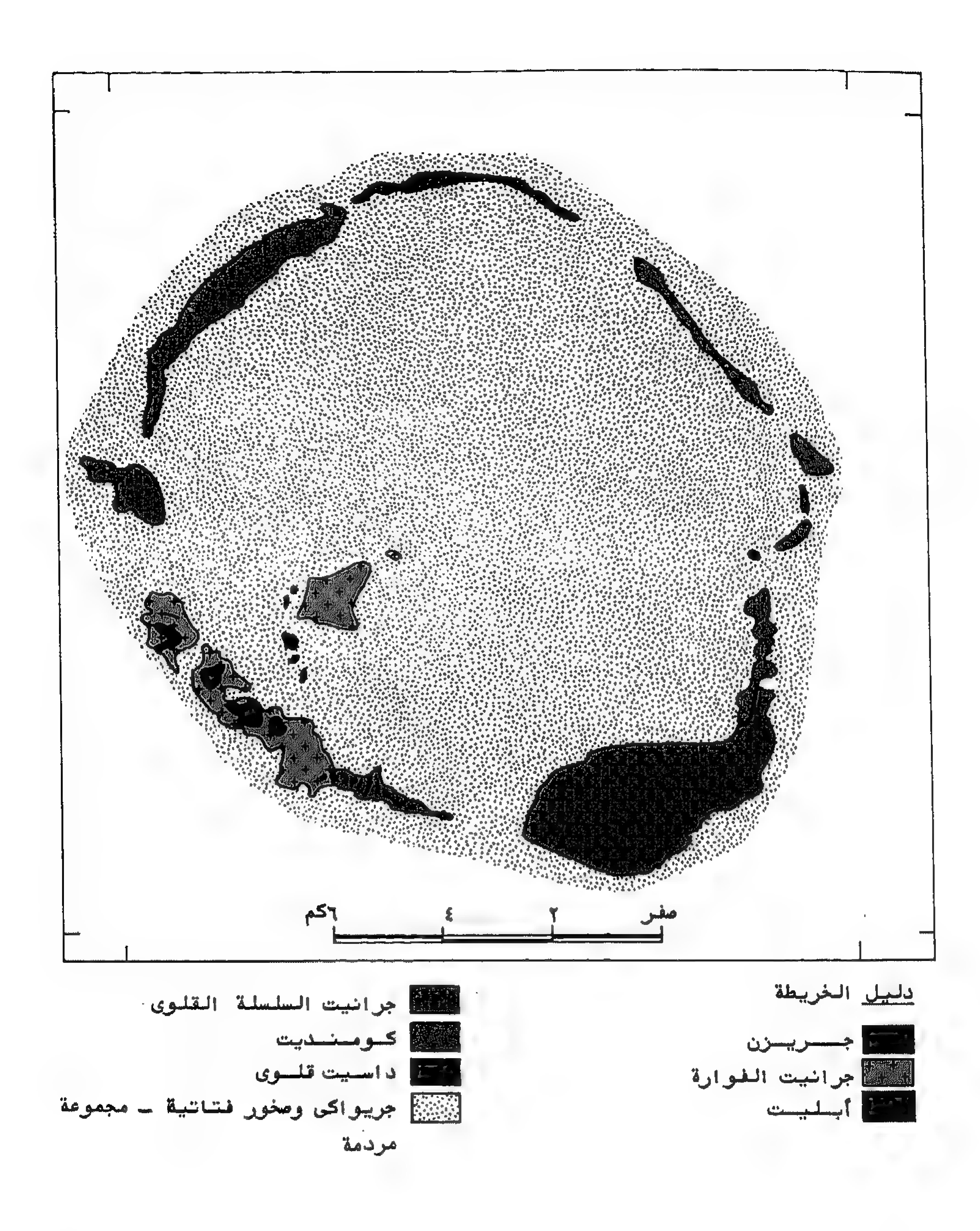
على أرجح الاحتمالات - بعد ترسخه (post-cratonization) وتنكشف هذه الجرانيتات على شكل محقونات صغيرة دائرية المقطع أو على هيئة قواطع حلقية (ring dykes) . ويوجد القصدير في الجزء العلوي لهذه الجرانيتات في النطاقات التي تعرضت لعمليات الجرزنة (greisenization) بصحبة بعض العناصر صخرية الميل (lithophile elements) الأخرى مثل Be, Li, F, Mo, W, Nb, Ta, U, Th وغيرها وأهم المناطق التي سجلت فيها هذه الشاذات الجيوكيميائية (شكل ٤٦) هي :

- جبل طربان وبير طويلة في إقليم ظلم .
- جرانيت رتامة ووادي مرشة في إقليم مدين .
- سراة بيشة ويعلا ومتبع ، وليبت وبية والدمة ووقد في عسير .
- موقع تمعدن عبلة .

١) معقد السلسلة الحلقي Silsilah Ring Complex

لعل أهم اكتشافات القصدير الحديثة في المملكة هي تلك التي وجدت في مركب جبل السلسلة الحلقي (شكل ٣١) (خط عرض ٥َ ٢٦ْ شمالاً وخط طول ٤٠َ ٤٢ْ شرقًا) . ويبلغ قطر المركب الحلقي حوالي ١٢ كيلو متراً ويتكون من الجرانيت القلوي والداسيت القلوي يحيط بلب من صخور الغرين والجريواكي التابعة لمجموعة مردمة . يوجد القصدير في جسمين صغيرين من جرانيت الفوارة القلوي التالي للتجبل (post - orogenic alkali granite) مصاحبا لنطاقات تغير وجرزنة في الجنوب الغربي من المركب الحلقي . (du Bray *et al.* 1984) .

والراسب المتمعدن عبارة عن راسب جرزنة يتكون من الكاستريت - توباز - كوارتز ، موزع في مساحة تصل إلى ١٦ كيلو متراً مربعًا . أما الصخور المجرزنة فهي جرانيت الفلسبار القلوي المحتوي على الميكا من نوع زنوالديت (zinnwaldite) . يعتلي الجرانيت المذكور غطاء من البجماتيت والأبليت الذى يعتقد بأنه ساعد على احتباس المحاليل المائية الحاملة للتمعدن وتجمعها مسببًا عملية الجرزنة للجرانيت القلوي أسفلها . يتبع ذلك اختراق عروق الكوارتز الحاملة لمعدن الولفراميت (Fe, Mn) WO_4 قاطعة كلاً من جرانيت الفلسبار القلوي وغطاء الأبليت - بجماتيت فوقه . (du Bray *et al.* 1984) .



شكل (٣١) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن القصدير والتنجستن في معقد السلسلة الحلقي. معدلة من Du Bray *et. al.* (1984) .

الألومنيوم (Aluminum (Al

الألومنيوم هو أكثر الفلزات شيوعا في القشرة الأرضية ، ومع ذلك جاء استخدامه على نطاق واسع في الصناعة متأخرا لصعوبة الحصول عليه في الحالة الفلزية . والألومنيوم مكون رئيس لكثير من مواد الأرض مثل المعادن السيليكاتية والصلصال والتربة إلا أن استخراج الفلز يقتصر على خليط من المعادن تعرف باسم البوكسيت (bauxite) . بالإضافة ، جرى استخدام بعض الأندلوسيت (andalusite) المحتوي على ٣٠ - ٤٠٪ Al_2O_3 لاستخراج الألومنيوم في السويد واستخدام النفيلين سيانيت (nepheline syenite) المحتوى على ٢٧٪ على الأقل Al_2O_3 في الاتحاد السوفيتي .

يمتاز الفلز بخفة وزنه وقوته ومقاومته لعوامل التآكل الجوية ، بالإضافة إلى كونه موصلا جيداً للكهرباء، هذه الصفات جعلت منه فلز القرن العشرين، حيث استخدم في صناعة الطائرات والسيارات والمعدات الكهربائية والمصنوعات المعدنية وتعليب المأكولات والمشروبات المحفوظة، وفي صناعة رقائق الألومنيوم المستعملة في الطهي والتغليف.

يستعمل البوكسيت أيضا في صناعة استخلاص الفلزات (metallurgy) والصناعات الكيميائية وبعض أنواع الخزف، وفي إحصائية حديثة جاء أن ٨٨٪ من البوكسيت المستخرج استعمل في صناعة فلز الألومنيوم، و ٦٪ للصناعات الكيميائية ، و٦٪ في صناعة الخزف، وكمادة عاكسة في أفران صهر الفلزات وغيرها من الاستعمالات .

يختلف الألومنيوم عن غيره من الفلزات في أن استخلاصه من البوكسيت لا يتم في أماكن توافر الخام، بل يتم حيث تتوافر الطاقة الكهربائية الرخيصة، نظرا للكميات الهائلة من الكهرباء اللازمة للاستخلاص.

بلغ الإنتاج العالمي من البوكسيت حوالي ٨٥ مليون طن (١٩٨٠م). وكانت أهم الدول المنتجة هي إستراليا (٣١٪) ، جاميكا (١٤٪)، وسورينام (٧٪). أما إنتاج الفلز

فتأتي في المقدمة الولايات المتحدة، ثم اليابان وروسيا وكندا وألمانيا وفرنسا والنرويج ومصر.

والبوكسيت خليط غروي من أكاسيد الألومنيوم المائية بالإضافة إلى بعض الحديد والماء والسيليكا. ويوجد في الطبيعة في صورة خام بازلائي أو سرئي (pisolitic or oolitic) أو في صورة إسفنجية مسامية (porous sponge ore) أو على هيئة ترابية صلصالية (clay ore) والمعادن الرئيسة في البوكسيت هي الجبسيت (gibbsite Al $(OH)_3$) والدياسبور (diaspore∝ Al O.OH) والبوهميت (boehmite ४ AlO.OH) وباختلاف نسبة هذه المعادن يختلف محتوى البوكسيت من الماء، لكن وبصفة عامة تكون النسبة Al_2O_3 : 2 H_2O تقريبًا. وتختلف نسبة الألومينا Al_2O_3 في البوكسيت، فالرتبة العالية منه تحتوي على ٥٠٪ Al_2O_3 وأقل من ٥٪ SiO_2، والرتب المنخفضة قد تحتوي على نفس كمية الألومينا لكن تزيد فيها نسبة السيليكا إلى حوالي ١٠٪.

يتكون البوكسيت كرواسب متخلفة (residual deposits) نتيجة لعمليات التجوية الكيميائية الشديدة ويوجد في الطبيعة على أشكال عدة منها :

١ – فريشات sheets فوق أو قريبا من أسطح التجوية القديمة .

٢ – طبقات متبادلة مع غيرها من أسطح عدم التوافق .

٣ – جيوب وعدسات في الحجر الجيري .

٤ – رواسب منقولة ومترسبة بعيدا عن مصدرها .

رواسب البوكسيت في المملكة العربية السعودية

منطقة الزبيرة Zabirah

اكتشف راسب بوكسيت الزبيرة في عام ١٤٠٠هـ ويقع في منطقة القصيم، على

مسافة حوالي ٩٠ كم إلى الشمال من طريق بريدة - حائل السريع .

يوجد الراسب بين صخور الغطاء الفانيروزوي التي ترسبت على رصيف قاري ثابت لم يتعرض للحركات التكتونية منذ الكمبري (شكل ٣٢)، مما هيأ الظروف اللازمة لتقوم عمليات التحلل بعملها لتكوّن البوكسيت اللاتريتي تحت ظروف مناخ استوائي، حيث دلت الدراسات الجغرافية والمناخية القديمة على أن منطقة الزبيرة كانت إستوائية الموقع والمناخ خلال العمر الكريتاسي (Black *et al.* 1982 & 1984 و Black 1982 a ,b و Bardossy 1973) .

ينكشف البوكسيت على هيئة جرف قليل الارتفاع يمتد لمسافة ١٠٥ كم باتجاه الغرب وتميل الطبقات ميلًا بسيطًا مقداره ٠,٥ درجة إلى الشمال الشرقي، مما يعني تزايد سمك الغطاء فوق البوكسيت حتى يصل إلى ٨٠م على بعد ٥كم من المنكشف، (شكل ٣٢) .

يعتبر بوكسيت الزبيرة لاتريتًا قديمًا (paleolaterite) تكون في العصر الكريتاسي وحفظ في مكانه تحت سطح عدم توافق زاوي (angular unconformity) بين الصخور التي تقع أسفل البوكسيت والتي يتراوح عمرها بين الترياسى المتأخر والكريتاسي المبكر والصخور التي تعلوه من الكريتاسي المتأخر. والصخور الموجودة تحت البوكسيت والتي يشار إليها باسم تتابع صخور المصدر (parent source rock) تشمل حجرًا رمليًا وحجرًا طينيًا مع كميات أقل من طبقات الكربونات رقيقة السمك. أما الصخور التي تغطي البوكسيت فتمثل بتتابع من الحجر الرملي والحجر الطيني القاري مع طبقات رقيقة مستمرة من الحجر الجيري وتعرف باسم تتابع الغطاء (overburden sequence) .

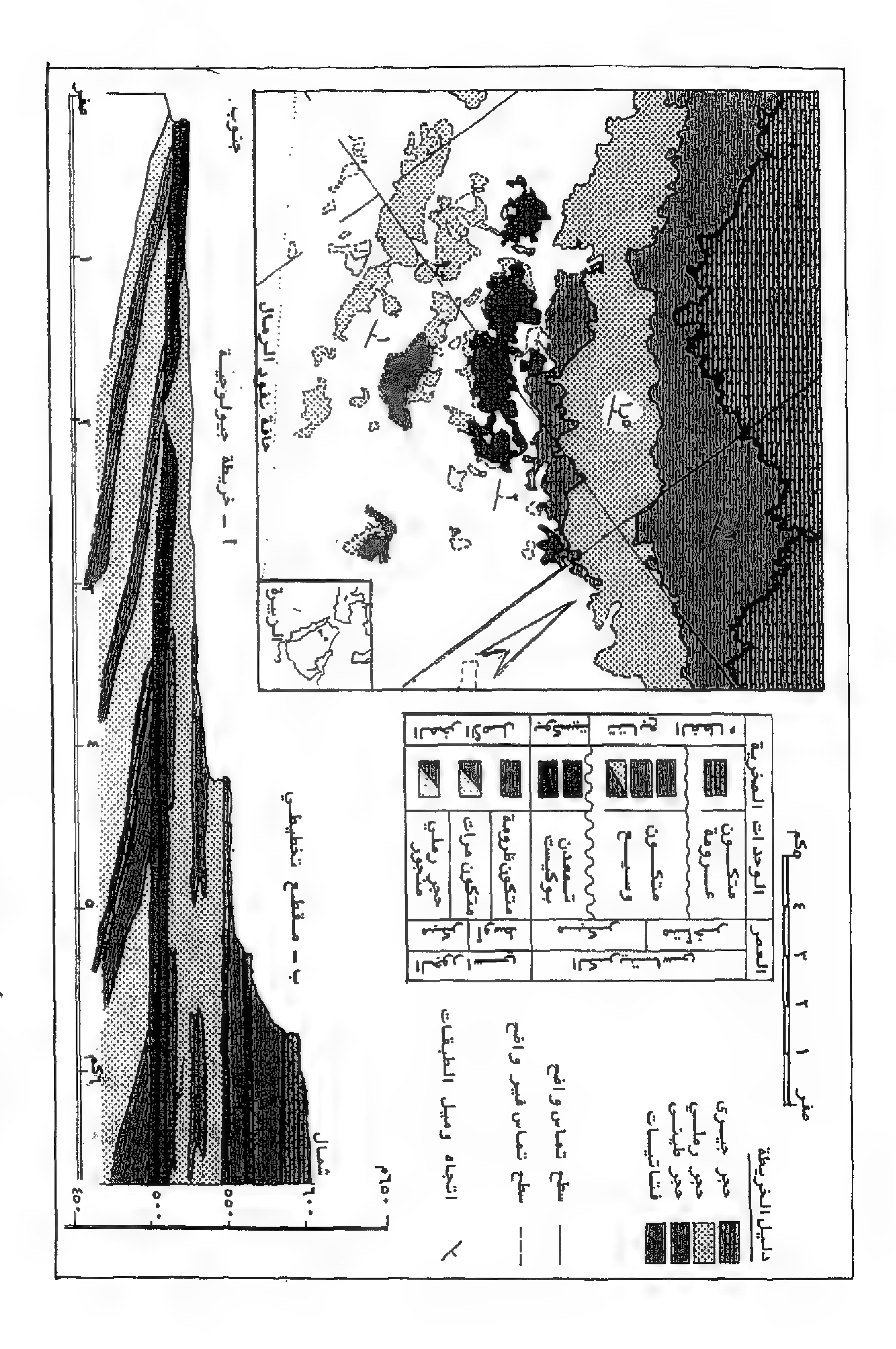
يتراوح سمك قطاع البوكسيت بين ٢ و ١٠ م بمتوسط حوالي ٦ م ويمكن تقسيمه إلى ثلاثة نطاقات صخرية هي - من أعلى إلى أسفل - كما يلي :

١ - نطاق الصلصال العلوي .

٢ - نطاق البوكسيت البازلائي .

٣ - نطاق الصلصال السفلي .

والنطاق الأوسط هو النطاق ذو الاحتمالات الاقتصادية بالمنطقة .



شكل (٣٢) أ – خريطة جيولوجية مبسطة لمعدن البوكسيت في منطقة الزبيرة .
ب – مقطع جيولوجي يوضح نطق تمعدن البوكسيت من الجنوب للشمال معدلة من
Black et. al. (1982) .

يتكـون بوكسـيت الزبيـرة من خليط من الجبسـيت (gibbsite) والبـوهـميت (boehmite) . وقد كشف برنامج مكثف للحفر عن أن البوكسيت الاقتصادي يكون راقات وعدسات يبلغ متوسط سمكها ٢م وتغطي مساحة من ١ - ١٠كم/ ٢ . وحيث إن الحد الفاصل بين البوكسيت الاقتصادي والصلصال غير الاقتصادي هو حد تدريجي (gradational) في الاتجاهين الرأسي والأفقي، يعتمد تحديد الحجم الفعلي للعدسات الاقتصادية على حد التعدين (cut-off grade) المحدد بالتحليل الكيميائي (assay limit) . والعامل المؤثر في اقتصاديات الخام هو محتوى السيليكا، ولذا يستخدم حد تعدين ١٠٪ سيليكا. وعلى هذا الأساس حددت الاحتياطيات المنظورة بحوالي ٩٤ مليون طن بوكسيت بمتوسط رتبة ٥٧٪ Al_2O_3 و ٦٪ SiO_2 . توجد هذه الاحتياطيات في ٦ كتل تعدينية منفصلة ، تتركز في ٥ نطاقات جغرافية، تنتشر على مسافة ٨٠ كم٢ (شكل ٣٢). وأكبر كتلتين منها هما النطاق الأوسط والنطاق الجنوبي وتحتويان على ٧٥ مليون طن برتبـة ٥٨,٣٪ Al_2O_3 و ٤,٥٪ SiO_2 منهـا ٥٦ مليـون طن قـابلة للاسـتـخـراج بالتعدين المكشوف مع نسبة إزاحة غطاء إلى الخام تساوي ٥,٨ : ١ .

ومن التجارب المعملية لاستخلاص الألومينا من خام الزبيرة تحققت استعاضة (recovery) بلغت ٩٥٪ ، وكانت نسبة السيليكا في الناتج ٠,٣٪ مع انخفاض شديد في نسبة المكونات الضارة مثل الكبريت والصوديوم. من هذه التجارب المعملية أمكن استنتاج أن بوكسيت الزبيرة قابل لاستخلاص الألومينا منه بطريقة باير (Bayer) إلا أن التكلفة مرتفعة نسبيا بسبب ارتفاع محتوي الخام من السيليكا.

يفتح اكتشاف خام البوكسيت بالزبيرة المجال أمام اكتشافات أخرى مماثلة بين صخور الغطاء خاصة على أسطح عدم التوافق التي تكونت تحت ظروف تكتونية - جغرافية - مناخية مناسبة (Smith *et al.* 1984) .

الفصل الثالث

الحديد والفلزات الحديدية

Iron and Ferroalloy Metals

■ الحديد ■ المنجنيز ■ النيكل ■ الكروم ■ التنجستن ■ المولبيدنم ■ الفاناديوم ■ الكوبلت.

تشتمل هذه المجموعة، بالإضافة إلى الحديد، على الفلزات القابلة لتكوين السبائك معه لتكوين تشكيلة كبيرة من أنواع الصلب ذات المواصفات المختلفة وهذه الفلزات هي المنجنيز والنيكل والنيوبيوم والكروم والموليبدنم والتنجستين والفاناديوم والكوبلت والتيتانيوم. وفيما يلي عرض لهذه الفلزات ورواسبها في المملكة.

الحديد Iron (Fe)

الحديد هو رابع عناصر الأرض (أو ثاني فلزات الأرض) شيوعا، وقد عرفه القدماء في مصر منذ حوالي سنة ٤٠٠٠ قبل الميلاد حيث فاقت قيمته الذهب، ومن الأرجح أن مصدر هذا الحديد كان النيازك والشهب الحديدية المتساقطة. استخرج الحديد من معادنه الأرضية في حوالي سنة ١٢٠٠ قبل الميلاد، ومن هنا بدأ عصر الحديد التالي لعصر البرونز، وكان اختزال أكاسيد الحديد باستخدام الفحم الحجري في حوالي سنة ١٧٠٠م هو بداية الثورة الصناعية.

الحديد هو عماد الحضارة الحديثة، ولا يمكن حصر أو تعداد استخداماته، ويبلغ

إنتاج العالم من خاماته حوالي ١٠٠٠ مليون طن سنويا يصنع منها حوالي ٧٠٠ مليون طن من الصلب. أهم الدول المنتجة لخام الحديد وحصتها من الإنتاج هي كالتالي:

الاتحاد السوفيتي (٢٣٠ مليون طن)، إستراليا (٩٨ مليون طن)، الولايات المتحدة (٨٠)، البرازيل (٧٠)، فرنسا (٥٠)، كندا (٤٥)، الهند (٤٠)، ليبيريا (٣٥)، السويد (٣٢)، فنزويلا (٢٦)، جنوب أفريقيا (١٢)، شيلي (١٠ مليون طن).

وأهم معادن الحديد الاقتصادية هي :

المجنيتيت magnetite ($Fe^{++} Fe_2^{+++} O_4$) ويحتوي على ٧٢,٤٪ حديد ويعرف تجاريا باسم الركاز المغناطيسي أو الأسود (magnetic (black) ore) .

الهيماتيت hematite (Fe_2O_3) ويحتوي علي ٧٠٪ حديد ويعرف باسم الركاز الأحمر red ore .

الجيثيت goethite ($\propto$ - FeO.OH) ويحتوى على ٦٢,٩٪ حديد وهو عادة المكوّن الأساسي لليمونيت . .

الليمونيت limonite ($Fe_2O_3 . nH_2O$) ويحتوي على ٥٩ - ٦٣٪ حديد، والليمونيت اسم حقلي لمزيج من أكاسيد الحديد المائية وغير المائية وهيدروكسيداته الجيلاتينية غير المتبلّرة . ويعرف باسم الركاز البني أو الأصفر yellow ocher .

السيدريت siderite ($FeCO_3$) ويحتوي على ٤٨,٢٪ حديد ويعرف باسم الخام السباتي .

أما معادن الحديد الأخرى مثل البيريت pyrite (FeS_2) والبيروتيت pyrrhotite (Fe_{1-x} S) والمركزيت marcasite (FeS_2) والشّموزيت chamosite ($Fe_2Al_2SiO_5$) $(OH)_4$ فلا توجد بكميات كبيرة في الطبيعة وتركيزها دائما غير مرتفع، وبالتالي لا تستخدم كمصادر لفلز الحديد، هذا بالإضافة إلى احتواء معظمها على الكبريت وهو مادة غير مرغوب في وجودها في خامات الحديد.

الشوائب المصاحبة لمعادن الحديد هي عادة من السيليكا وكربونات الكالسيوم والفوسفور والمنجنيز والكبريت والألومينا والتيتانيوم.

الحديد فلز رمادي اللون صلب وشديد التحمل ويمكن تشكيله بالطَرْق بعد تسخينه، ولديه القدرة على الامتزاج مع عديد من العناصر لتكوين السبائك المناسبة لمختلف الأغراض الصناعية.

يجهز الفلز من خاماته على مرحلتين ، الأولى منهما هي اختزال الأكاسيد باستخدام فحم الكوك في أفران خاصة لتحويله إلى الحديد الغفل (pig iron) والثانية هي معالجة هذا الحديد الغفل وتحويله إلى حديد زهر أو حديد مطاوع أو فولاذ (steel).

وأهم أنواع رواسب الحديد - مع بعض الأمثلة لها - هي كما يلي :

الرواسب الصهارية magmatic deposits

وتتكون عادة من المجنيتيت والمجنيتيت التيتاني ومن أمثلتها راسب أديرونداك بولاية نيويورك وراسب جبل إدساس في المملكة العربية السعودية.

رواسب التحول الميتاسوماتي metasomatic deposits

وتتكون من المجنيتيت و/ أو الهيماتيت ومن أمثلتها رواسب كورنوول في بنسلفانيا وجبل الحمراء بمنطقة الحليفة في شمال المملكة العربية السعودية.

رواسب الإحلال replacement deposits

وتتكون من الهيماتيت وأحيانا المجنيتيت ومن أمثلتها راسب أيرن مونتين في ميسوري.

رواسب رسوبية sedimentary deposits

١ - مكونات الحديد الشريطية (banded iron formations (BIF لما قبل الكمبري وهي رسوبية الأصل تعرضت لعمليات تحول وإثراء، وتتكون من شرائط

متبادلة من معادن الحديد (هيماتيت - مجنيتيت - ليمونيت - سيدريت) متبادلة مع شرائط من السيليكا.

ومن أهم أمثلتها ليك سوبيريور وألجوما في أمريكا ومنطقة وادي صواوين بالمملكة العربية السعودية.

٢ - رسوبيات الفانيروزوي المحببة أو البطروخية (oolitic) وتشمل نوعي كلنتون (Clinton) بأمريكا ومينيت (Minette) بفرنسا وتتكون هذه من الهيماتيت وبعض المجنيتيت والليمونيت. ومن أمثلتها أيضاً رواسب الجوارسي في بريطانيا. ورواسب وادي فاطمة بالمملكة العربية السعودية.

رواسب مؤكسدة oxidized deposits (gossans)

نتجت من تأكسد أجسام كبريتيدية أصلا - وتتكون من الليمونيت والهيماتيت مثل راسب ريوتنتو في أسبانيا، ورواسب وادي قطن ووادي وسط في المملكة العربية السعودية.

رواسب بركانية الأصل volcanogenic deposits

من المجنيتيت مثل رواسب كيرونا وتاربرج في السويد.

رواسب متبقية residual deposits

لاتيريت (laterite) ورواسب ميكانيكية مرقدية مثل راسب الأكو في شيلي ورواسب القحمة على شاطئ البحر الأحمر في المملكة العربية السعودية.

رواسب الحديد في المملكة العربية السعودية

يوجد العديد من أنواع رواسب الحديد المذكورة أعلاه في المملكة (شكل ٣٣) فهناك:

● الرواسب الصهارية في مناطق إدساس ووادي خمال ووادي حيان ولقطة ومثقال وغيرها.

- رواسب التحول الميتاسوماتي في نطاق التماس في منطقة جبل الحمراء، والمصينعة بالقرب من بلدة الحليفة.

- مُكونّات الحديد الشريطية (BIF) لما قبل الكامبري في منطقة وادي صواوين – شمال غرب الدرع العربي.

- خامات رسوبية بطروخية في مكونات الغطاء الصخري، كما في التشميسي ووادي فاطمة في الجزء الغربي من المملكة.

- رواسب متبقية (لاتيريت) في جبال السروات.

- رواسب ميكانيكية مكانية على ساحل البحر الأحمر في كل من القحمة وأملج.

- نواتج عمليات التأكسد (جوسّان) في مناطق عديدة في المملكة كما في وادي وسط ووادي قطن وبئر إدمه وغيرها.

وفيما يلي نعرض لأهم هذه الأنواع ومناطق وجودها:

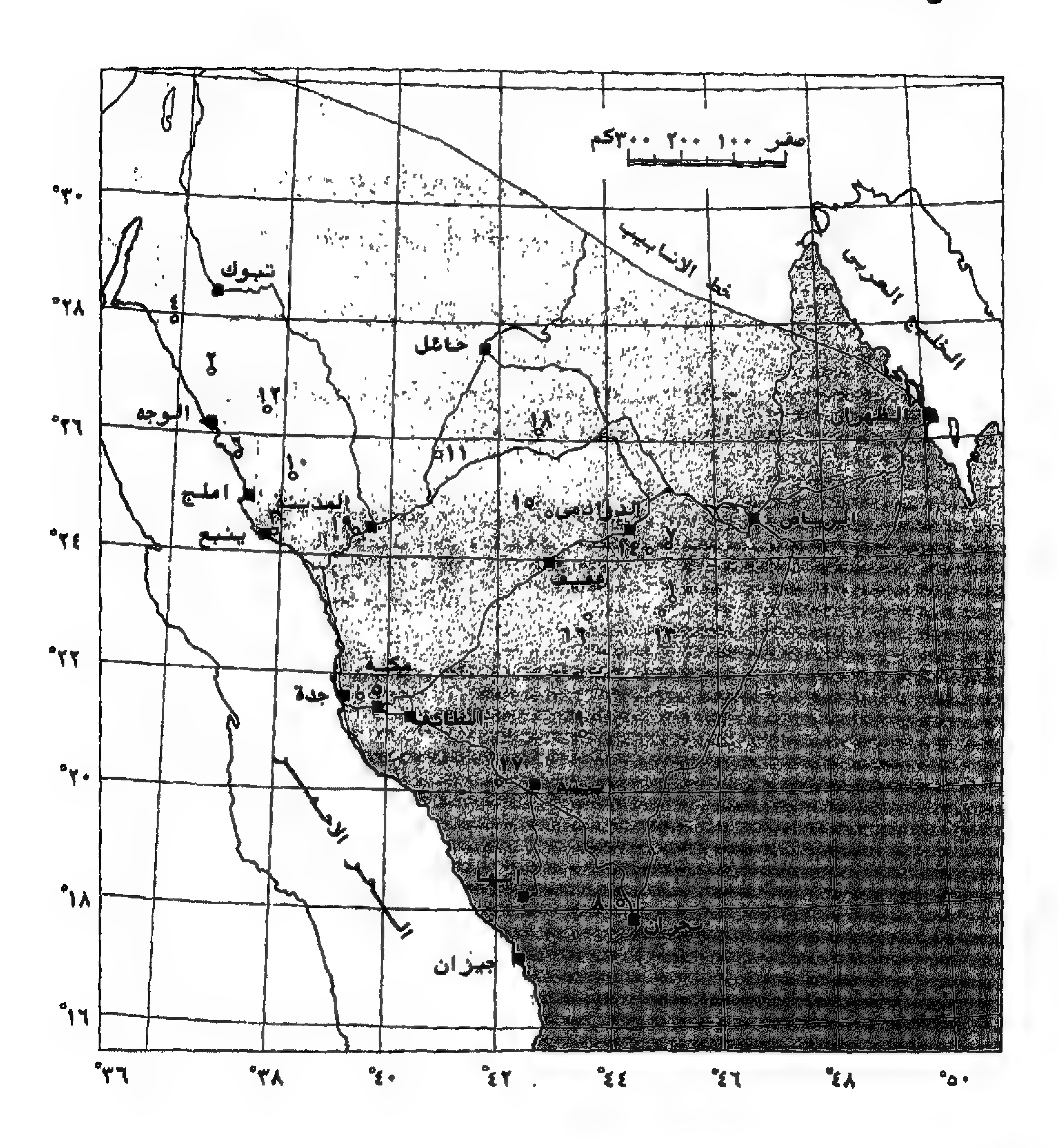
أولاً: الرواسب الصهارية magmatic deposits

يوجد هذا النوع من رواسب الحديد المغناطيسي (التيتاني عادة) في مواقع كثيرة من الدرع العربي، ولكنها في معظمها مواقع صغيرة ليست بذات قيمة اقتصادية حاليا، نذكر منها: جبل إدساس، وادي حيان – قبقب، وادي خمال، طوال البئر، المسلية، لقطة، مريجب وجبل شايع. ويعتبر جبل إدساس أهم هذه المواقع ويتبعه في ذلك وادي حيان ووادي خمال.

١) جبل إدساس Jabal Idsas

تقع منطقة جبل إدساس على بعد حوالي ٧٠٠ كم عن كل من شاطئ البحر الأحمر والخليج العربي، في منتصف المملكة العربية السعودية تقريبا وعلى بعد ٢٢٠ كم تقريبا غرب جنوب غرب مدينة الرياض ما بين خطي عرض ١٨َ ٢٣ْ و ٢١َ ٢٣ْ

شمالًا وخطي طول ١٠َ ٤٥ َو١٣ َ٤٥ ْ شرقًا، بالقرب من الحد الشرقي للدرع العربي (شكل ٣٣) .



شكل (٣٣) خريطة توضح أهم مواقع تمعدن الحديد والفلزات الحديدية في المملكة العربية السعودية .

تابع شكل ٣٣ - مواقع الحديد والفلزات الحديدية

الحديد :

١ - إدساس
٢ - حيان
٣ - خمال
٤ - الصواوين
٥ - فاطمة

المنجنيز :

٦ - ظيلان (ساحل البحر الأحمر)
٧ - الخنيقية

النيكل :

٨ - قطن
٩ - الجداير

الكروم :

١٠ - العيس
١١ - طلوحة
١٢ - اس والعوين‍د
١٣ - تيس
١٤ - المغيرة

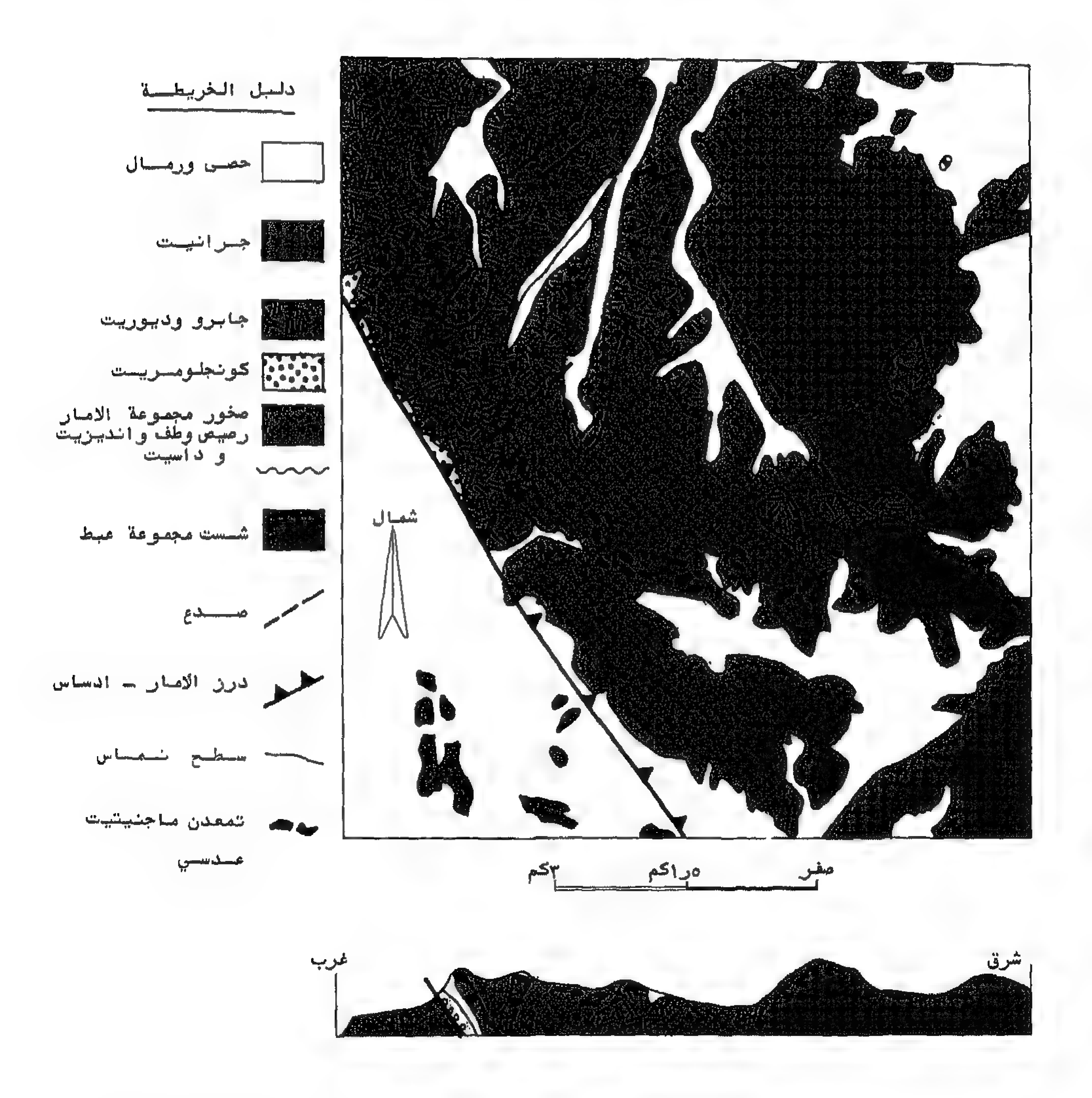
التنجستن :

١٥ - بدع الجملة

الموليبدنم

١٦ - جبل كرش
١٧ - عبلة
١٨ - المشاهيد (المشاحيد)
١٩ - السدارة

يصل طول المنطقة المتمعدنة إلى حوالي ٧ كيلو مترات، وتتكون من صخور مجموعة الأمار (الحليفة) البركانية والفتاتية المتحولة من الأنديزيت والجريواكي والحجر الرملي وخلافه، والمحقونة بالجابرو والديوريت (شكل ٣٤).



شكل (٣٤) خريطة جيولوجية ومقطع تخطيطي لمواقع تمعدن الحديد المغناطيسي في جبل إدساس.
معدلة من Ashworth and Abdul Aziz (1978).

يوجد الحديد المغناطيسي في جبل إدساس على عدة أشكال وهي :

(أ) الراسب الكتلي (massive ore) ، ويوجد في عدسات ، وهو أسود اللون فلزي بلوري ، يتكون من المجنيتيت وقليل من الليمونيت والهيماتيت في التشققات وحواف الحبيبات . ويعتبر الكوارتز أكثر المعادن الغثة وجوداً مع المجنيتيت بالإضافة إلى قليل من الكلوريت والإبيدوت .

(ب) الراسب المنثور (disseminated ore) وهو عبارة عن بلورات أو حبيبات أو تجمعات من حبيبات المجنيتيت منثورة في الصخور المضيفة .

(ج) الراسب العرقي (stringer ore) وهو عبارة عن عريقات أو عروق متدخلة من المجنيتيت في الصخر المضيف وعادة ما يغلب على هذا النوع دقة بلوراته وحبيباته .

(د) الراسب البجماتيتي (pegmatitic ore) حيث توجد بلورات كبيرة من المجنيتيت مع بلورات من الأكتينوليت الابرية الشكل أو التريموليت التى عادة ما تكون متأثرة بعوامل التعرية تاركة سطحًا مميزاً لهذا النوع من الراسب .

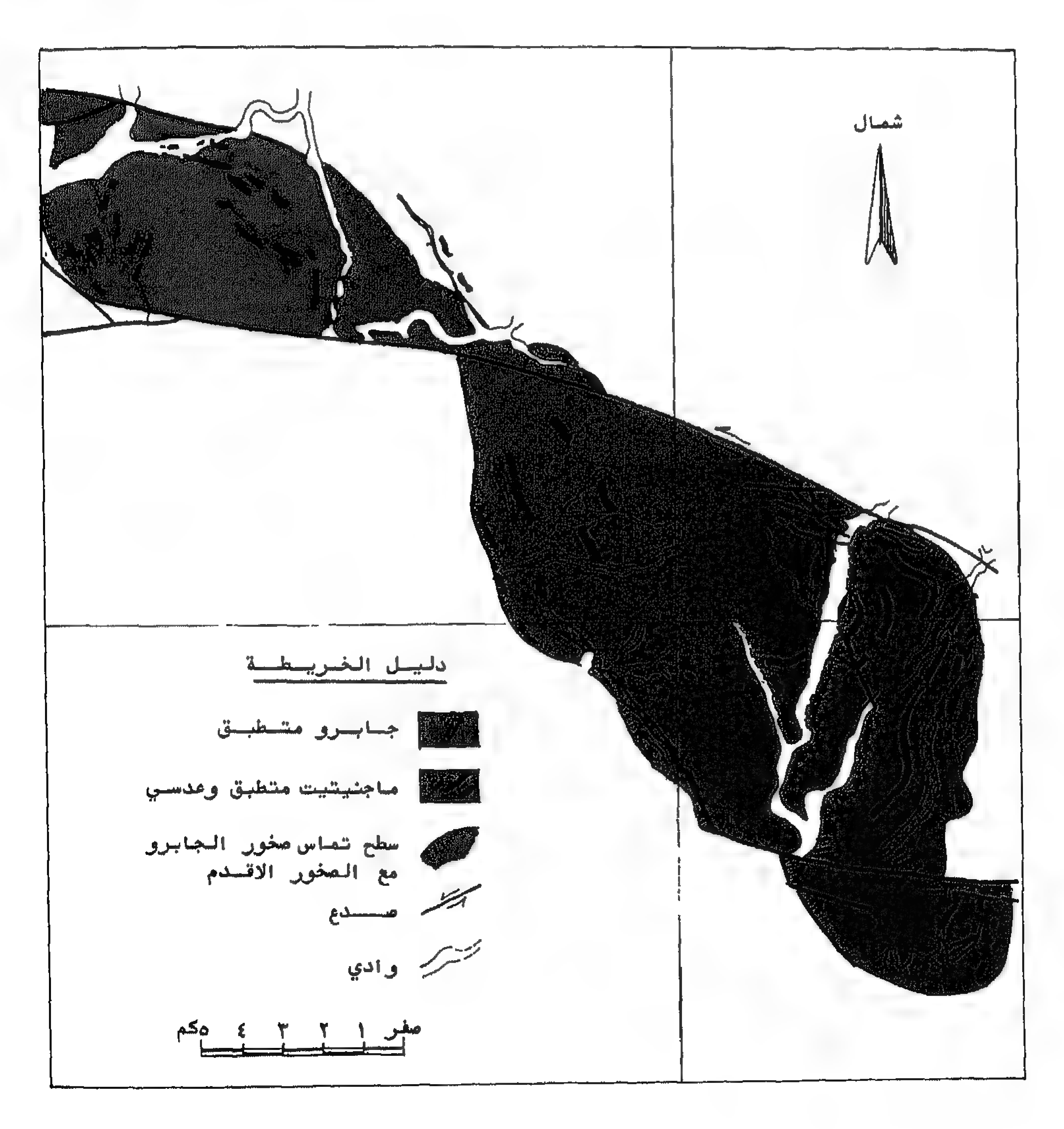
أما الصخور المضيفة لراسب جبل إدساس فهي صخور الجابرو والديوريت ، وكذلك صخور الأنديزيت المتحولة .

أمكن تقدير الاحتياطي بحوالي ١,٣ - ١,٦ مليون طن تحتوي على ٦٤ - ٦٦٪ حديد لو أخذ في الاعتبار العدسات والعروق الكتلية . أما راسب التمعدن المنثور بنسبة ١٨ - ٢٠٪ حديد فيقدر الاحتياطي بـ ٣٠٠ مليون طن . هذا ويمكن استخراج ٤٧ مليون طن بطريقة التعدين المكشوف وبنسبة ٢١ - ٢٢٪ حديد . وبالرغم من ذلك ، لا يعتبر هذا الموقع اقتصاديا في الوقت الحاضر (Ashworth and Abdulaziz 1978) .

٢) وادي حيان Wadi Hayyan

يوجد عدد من أجسام المجنيتيت التيتاني في منطقة وادي حيان في معقد وادي حيان ووادي قبقب القاعدي المتطبق (شكل ٣٣) . ويشتمل الجسم المتدخل على صخور الجابرو والديوريت المختلفة في تركيبها المعدني ، والتي تكون طبقات نارية متميزة .

يوجد معظم تمعدن الحديد التيتاني في شكل عدسات أو أجسام مستطيلة موازية لتطبق الصخور في هذا المعقد، خاصة بصحبة الطبقات فوق القاعدية مثل الدونيت والبيروكسينيت (شكل ٣٥)، ويتلاشى التمعدن تقريبا في نطاقات الأنورثوزيت. كما توجد كميات قليلة منه على شكل عروق قاطعة لاتجاه التطبق.



شكل (٣٥) خريطة جيولوجية مبسطة لمواقع تمعدن المجنيتيت التيتاني في معقد وادى حيّان – وادى قبقب القاعدي. معدلة من Igarashi (1970).

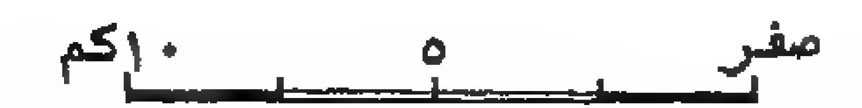
المعـادن المكونة للخـام هي المجنيتـيت والهـيمـاتيت والإلمنيت، والمعـادن الغـثـة المصاحبة هي الأوليفين والبيروكسين. معظم رواسب الحديد في هذه المنطقة متوسطة أو منخفضة الرتبة حيث تحتوي على نسبة ما بين ٢٥ - ٣٤٪ حديد + ٣ - ٦٪ تيتانيوم. أما إجمالي الاحتياطي في موقعي وادي حيان ووادي قبقب لجميع أنواع الرواسب منخفضة ومتوسطة وعالية الرتبة فيصل إلى حوالي ٦٠٠,٠٠٠ طن، نصفها تقريبا في كل موقع (Higashimoto 1970 ، Igarashi 1970).

٣) وادي خمال (كمال)، بئر نبط (Wadi Khumal)

يقع وادي خمال على بعد ٥٠ كم شمال شرق ينبع البحر (شكل ٣٣)، ويشتهر بوجود معقد قاعدي متطبق من الجابرو والأنورثوزيت يمتد ما بين وادي خمال وبئر نبط ولمسافة تبلغ خمسين كيلو متراً وبعرض حوالي خمسة كيلو مترات. ويشتمل هذا المتدخل على العديد من عدسات الحديد المغناطيسي التيتاني ضمن طبقات الجابرو والأنورثوزيت (شكل ٣٦)، ويعتقد بأن صخور الجابرو هذه جزء من حزام جبل الوصق الأفيوليتي حيث تمثل امتداده الجنوبي الغربي.

يوجد التمعدن على شكل عدسات عديدة متوافقة مع طبقات الصخور القاعدية في نطاق صخري أو وحدة صخرية تمتد حوالي خمسة كيلومترات بعرض ستة أمتار، تقع على بعد ١١ كيلو متراً للشرق من بئر نبط. وتتجه هذه العدسات، مع الطبقات الحاوية، باتجاه شمال غرب وبميل ٤٥° إلى الشمال شرق موازيا التطبق. كما توجد عدسات أخرى ما بين هذه المنطقة وبئر نبط. أمكن تقدير كمية الخام في المنطقة بحوالي ٢ مليون طن، ٤٠٠,٠٠٠ طن منها في موقع واحد. وتتراوح نسبة الحديد في الخام ما بين ٣٣ - ٥٢٪ وأكسيد التيتانيوم بـ ١٨٪.

أما العدسات الموجودة في وادي خمال نفسه فهي أصغر حجمًا وأقل عدداً، وموجودة في طبقات من الأنورثوزيت والجابرو الذي يحتوي أحيانا على نسبة تصل إلى ٣٠٪ مجنيتيت منثور (Chevremont 1982 و Chevremont and Johan 1981) و Alabouvette and Pellaton 1975 و Pellaton 1975).



شكل (٣٦) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن وادى خمال (كمال). معدلة من Chevremont and Johan (1981).

نشأة رواسب المجنيتيت التيتاني : يسود الاعتقاد بأن معظم أنواع هذا التمعدن قد تكونت بالانفصال عن الصهارة وذلك إما بتجمع بلورات الأكاسيد في الصهارة (التمايز الصهاري magmatic segregations) أو بالتركيز الذي يؤدي إلى انفصال محاليل غنية بعنصري الحديد والتيتانيوم. وتشير الدلائل الجيولوجية والكيميائية إلى أن تمعدن المجنيتيت في جبل إدساس قد تكون بإنفصاله عن صهارة الجابرو والديوريت في المنطقة والتي كانت غنية بعنصري الحديد والتيتانيوم. أما التمعدن المصاحب للصخور البركانية (الأنديزيت) في جبل إدساس فيعتقد بأنه نتج عن تحرك المجنيتيت من الصخور القاعدية أثناء إحدى عمليات التحول وارتفاع الحرارة ليكون عروقا في صخور الأنديزيت في المنطقة.

ثانياً : مكوّنات الحديد الشريطية Banded Iron Formations (BIF)

يعرف هذا النوع في مناطق وادي صواوين في الشمال، وبعض مناطق المملكة الأخرى مثل منطقة العقيق في غامد وهو من النوع الجسبيليتي (jaspilitic iron ore). وتشتمل منطقة الصواوين على ٩ مواقع للتمعدن أهمها وادي الصواوين، ثم منطقة الشرمة بالقرب من ساحل البحر الأحمر (شكل ٣٧) وتنحصر المنطقة الحاوية لخامات الحديد بين خطي عرض ٥٠َ ٢٦ْ ، ٢٠َ ٢٨ْ شمالا وخطي طول ١٥َ ٣٥ْ و ٥٠َ ٣٥ْ شرقًا.

منطقة وادي الصواوين (Wadi Sawawin)

تقع رواسب حديد وادي صواوين في الجزء الشمالي الغربي من جبال الحجاز، على بعد حوالي ٨٠٠كم إلى الشمال من جدة وحوالي ٦٠كم شرقًا من ساحل البحر الأحمر (شكل ٣٧).

تتميز المنطقة بالطبيعة الجبلية شديدة الانحدار، ويصل ارتفاع أعلى جبالها – جبل الدُّبغ – إلى ٢٣٥٠م فوق سطح البحر.

جيولوجية المنطقة : ترجع الصخور المضيفة للحديد في منطقة وادي صواوين إلي ما قبل الكمبري وتتبع متكون السليسية الذي يضم تتابعا من الصخور الفتاتية

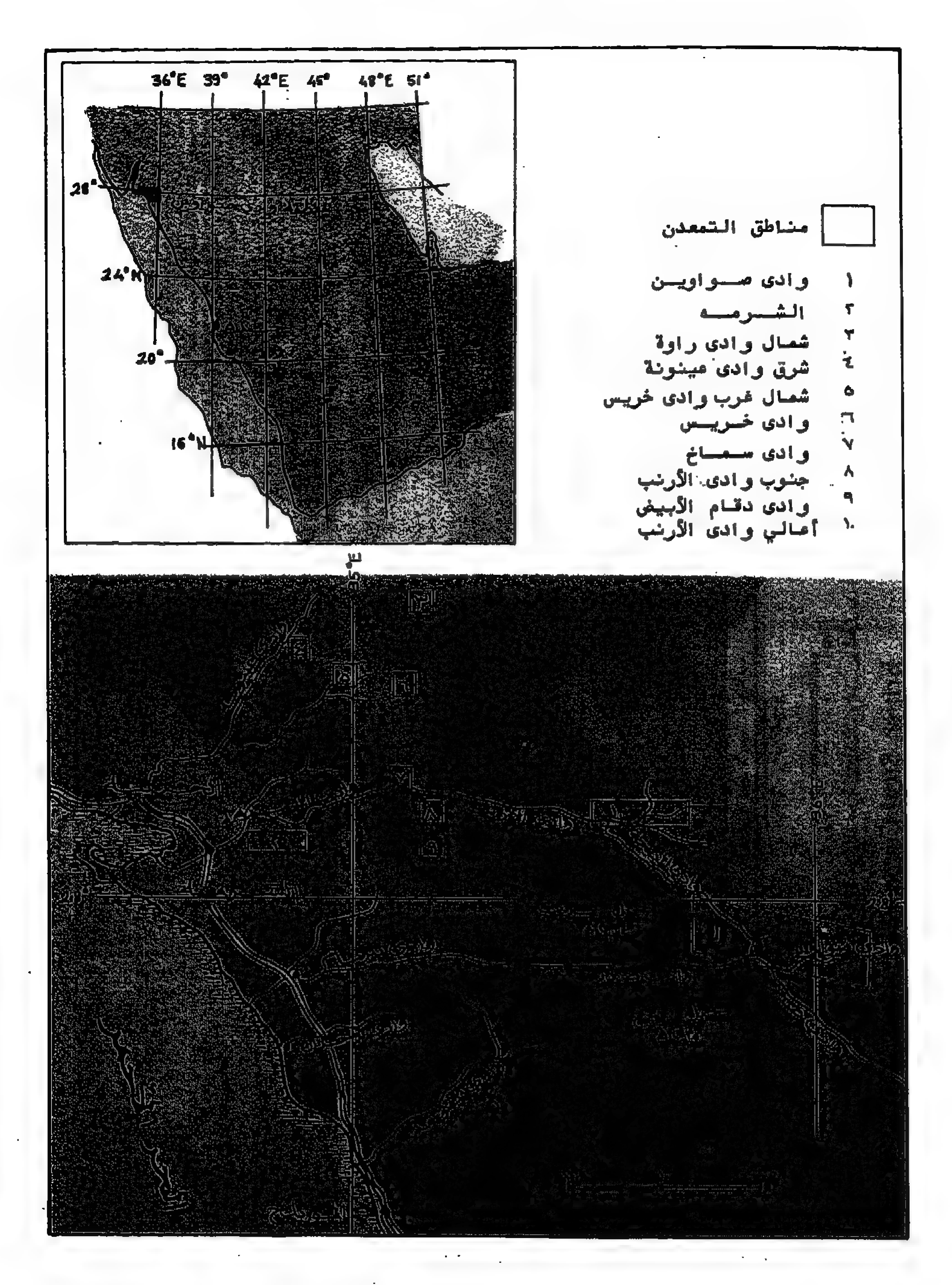
البركانية الأصل، المتوسطة والحمضية التركيب والفتاتية الرسوبية، بالإضافة إلى بعض الفيوض البركانية. يصل سمك المتكون إلى حوالي ١١٠٠ م. تستقر هذه الصخور لاتوافقيا على البركانيات القاعدية إلى المتوسطة التركيب التابعة لمتكون غوجة. يقطع متكون السليسية كثيراً من المحقونات الجوفية الجرانيتية. تحولت صخور المتكون إقليميا إلى سحنة الشست الأخضر وتشوهت بالطي والتصدع.

تتوزع أماكن ظهور راسب الحديد الجسبيليتي (jaspilitic iron ore) في منكشفات عدة بالمنطقة، منها عشرة منكشفات تتوزع بصورة متقطعة على مسافة ٢٥كم باتجاه المضرب (strike) (شكل ٣٨)، أهمها المنكشفات الخمسة في منطقة جبل السنفة - سحلولة، والتي تشكل بقايا تجوية طبقة كانت متصلة. وهذه تشمل الراسب رقم ٣ الذي أجريت عليه معظم الدراسات وأعمال التقييم وابحاث تحسين مواصفات الخام.

تقسم طبقات متكون السليسية إلى عضوين (شكل ٣٨) يتكونان من نسب مختلفة من أركوز طَفّي، وحجر رملي، ورصيص، وصخور طينية، وطَفّ، وصوان وطبقات من حجر الحديد.

يحتوي العضو السفلي، والذي يشكل حائط القدم (footwall) للتمعدن، على بعض الطبقات والعدسات الغنية بالهيماتيت والمجنيتيت وكذلك من الصوان ما بين طبقات الطَّف الحديدي (شكل ٣٩). تتزايد نسبة هذه العدسات كلما اقتربنا من طبقات الحديد الرئيسة. وتتكرر نفس الصورة في العضو العلوي - الحائط المعلق (hanging wall) حيث يتلاشى التمعدن تدريجا عبر منطقة انتقالية من الطَّف الحديدي دقيق التحبب. وعليه، فإنه يمكن اعتبار أن مُكوِّن الحديد يمثل فترة هدوء تكتونى لحوض الترسيب، وانخفاض معدل إمداده بالفتات المنقول، مما سمح بتراكم مكون الحديد وما يصاحبه من صوان وطف دقيق التحبب. يتدرج مكون الحديد - والذي قد يصل سمكه إلى ٥٨م - إلى صخور طينية طفية.

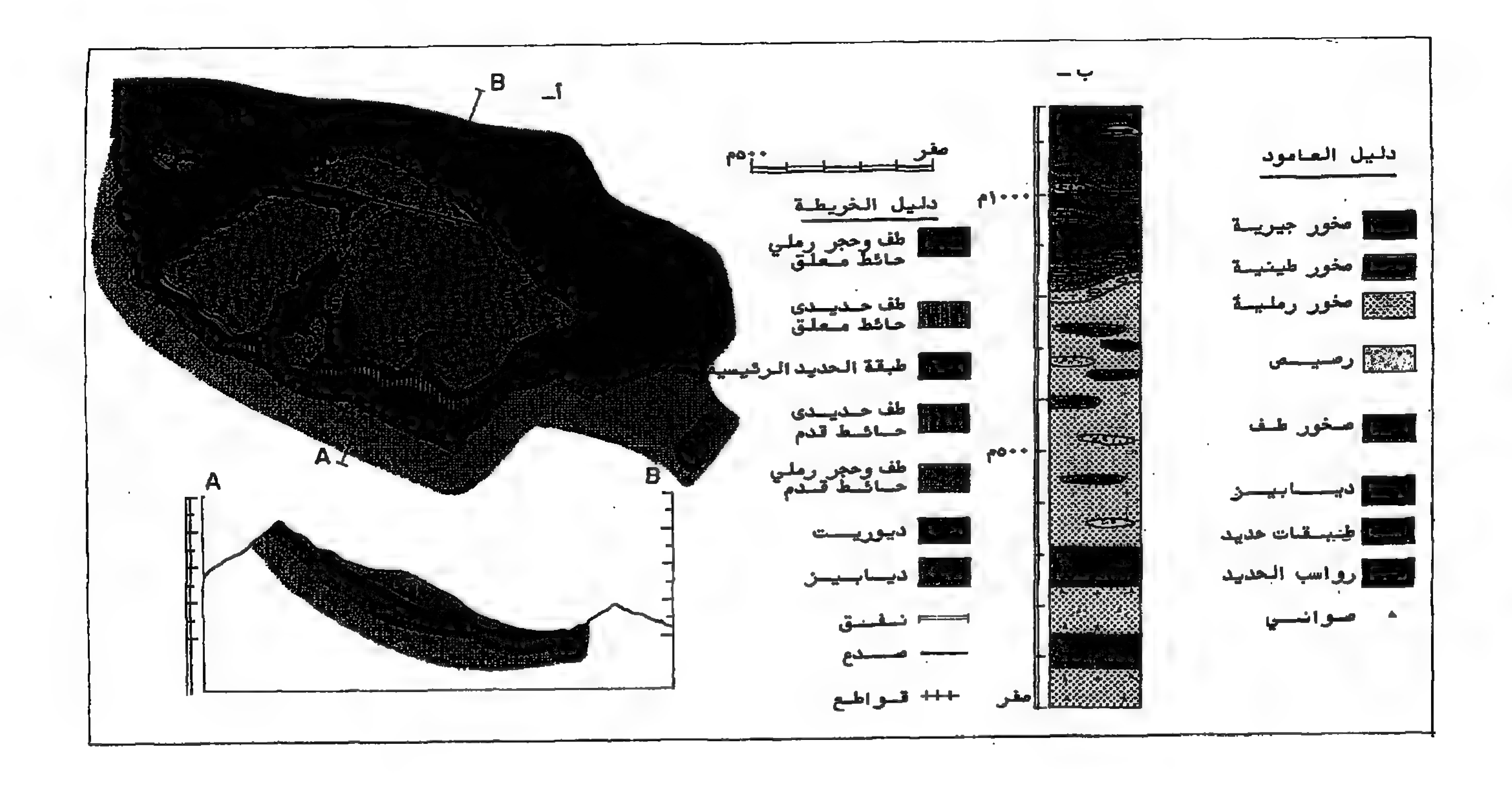
توجد جدد شبه متوافقة من الديابيز قاطعة مكون الحديد والصخور المحيطة به في كل من الحائط المعلق وحائط القدم (شكل ٣٩).



شكل (٣٧) خـريطـة تبـين مواقع تمعدن الحديد في منطقة الصواوين. معدلة من British Steel Corporation (1981).



شكل (٣٨) خريطة جيولوجية لمنطقة رواسب الحديد في وادي الصواوين. معدلة من شركة British Steel Corporation (1981)



(شكل (٣٩) أ – خريطة جيولوجية للراسب رقم ٣ من رواسب حديد الصواوين .

ب – عامود تطبقي لمتكون السليسية يوضح التتابع الصخري والسمك. معدلة من شركة British Steel Corporation (1981) .

والصخور المتطبقة بالمنطقة مطوية بشدة حول محاور تتجه باتجاه الشرق - غرب، كما أن مكون الحديد به الكثير من الطي الشديد غير المتجانس والمتزامن مع الترسيب.

تنتمي رواسب الحديد في وادي الصواوين إلى النوع من مكونات الحديد الشريطية BIF المعروفة باسم نوع ألجوما (Algoma type) والذي يوجد دائما في صخور بركانية وفتاتية بركانية، والذي تتفق معظم الآراء على تكونه من مصادر بركانية (volcanogenic) أثناء فترة توقف النشاط الناري، حيث خرجت الزفرات (exhalations) المحتوية على الحديد ورسبته في حوض ترسيب تسود فيه البيئة المؤكسدة.

ومكون الحديد الرئيس، صخر بالغ الصلابة رقائقي (laminated) فيه أحزمة من الجاسبر الأحمر القاني متبادلة مع أحزمة رصاصية سوداء غنية بالهيماتيت والمجنيتيت على نطاق المليمترات أو السنتيمترات، والامتداد الجانبي لهذه الأحزمة محدود فهي نادراً ما تمتد إلى عدة عشرات من الأمتار. كما توجد بداخل مكون الحديد أحزمة من الطف عقيمة (لا تحوي خام) أو منخفضة المحتوى من المجنيتيت يقل سمكها عادة عن المتر الواحد.

يتكون الخام من حبيبات متداخلة من الهيماتيت والمجنيتيت والكوارتز، ميكروسكوبية الحجم، تترتب في أحزمة أو عدسات متناهية الدقة، وتوجد معادن الكلسيت والكلوريت الحديدي والسيريسيت والأباتيت والبيريت بصحبة الخام كمكونات إضافية، ويمكن تمثيل التركيب الكيميائي للخام بما يلي :

٤٢٪ حديد، ٢٨٪ سيليكا، ٠,٣٪ فوسفور، ٤٪ مجنيزيا وألومينا وحديدوز في صورة معادن سيليكاتية، وآثار من الكبريت (من معدن البيريت).

الاحتياطيات : يحتوي الموقع رقم ٣ من مجموعة جبل السنفة - سحلولة على ٩٤,٨ مليون طن يمكن استخراجها بمتوسط رتبة ٤٥,٥٪ حديد و ٢٨,٣٪ سيليكا و٠,٣١٪ فوسفور و ٠,١١٪ كبريت و٩٪ أكاسيد حديد موجودة على صورة مجنيتيت لا يمكن استعاضته في عمليات الاستخلاص.

ويبلغ إجمالي احتياطيات باقي المناطق حوالي ١٥٠ مليون طن.

هذا وقد أثبتت التجارب المعملية المكثفة على الخام إمكانية تحسين مواصفاته بعملية التعويم للحصول على مُركز نهائي يحتوي على ٦٤,٥٪ حديد و٥٪ سيليكا (British Steel Corporation (Overseas Services) Limited 1981 و (Smith *et al.* 1984).

ثالثاً) خامات الحديد الرسوبية الفانيروزية Phanerozoic Sedimentary Iron Ores

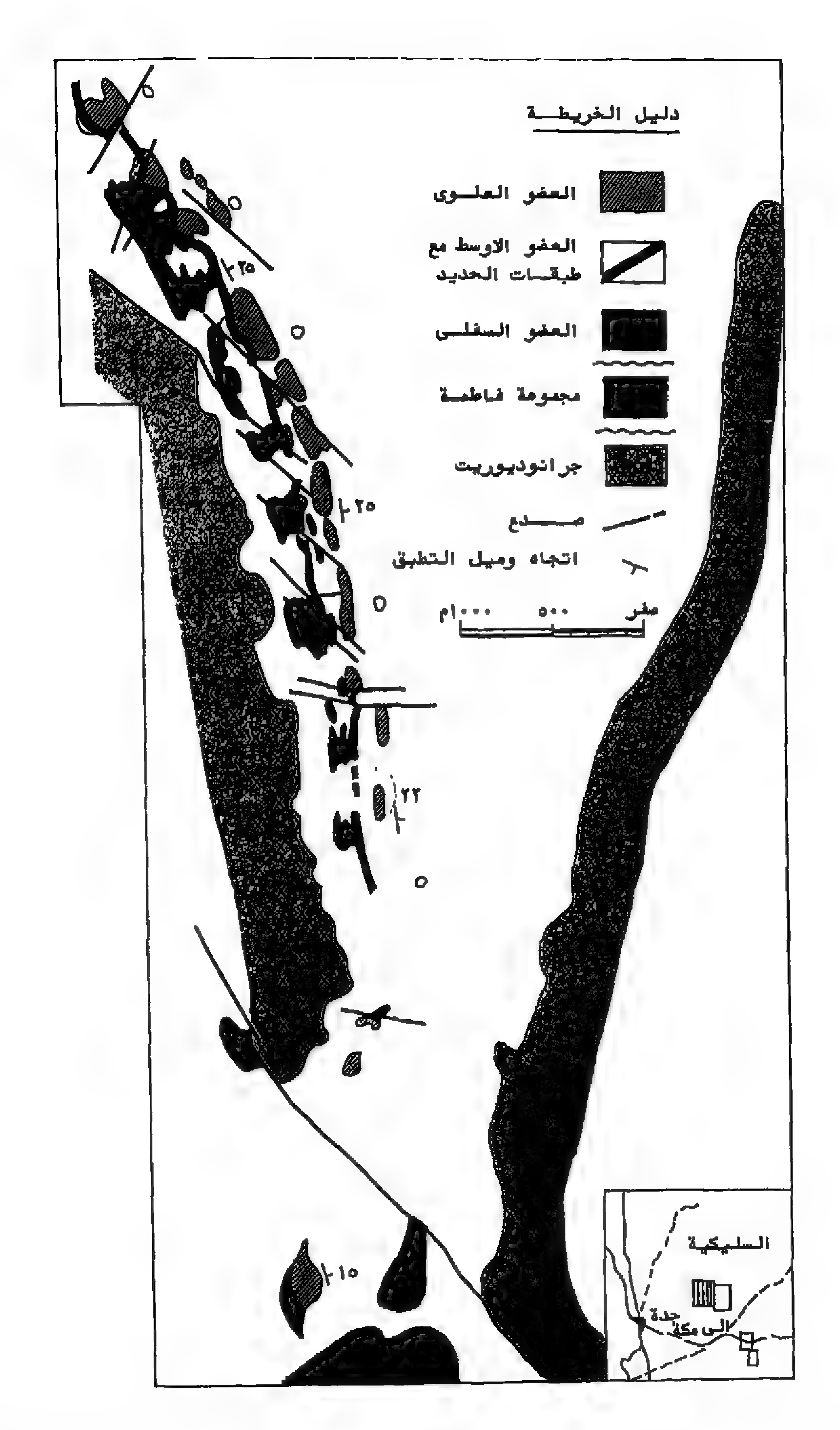
تمثل هذه برسوبيات الحديد السرئي (البطروخي) في مناطق وادي فاطمة بين جدة ومكة المكرمة (شكل ٣٣)، وكذلك بحجر الحديد (ironstones) الموجودة بين صخور الغطاء الفانيروزوى على الحافة الشرقية الوسطى للدرع العربي، والمنطقة الوسطى من هذا الغطاء.

منطقة وادي فاطمة Wadi Fatima

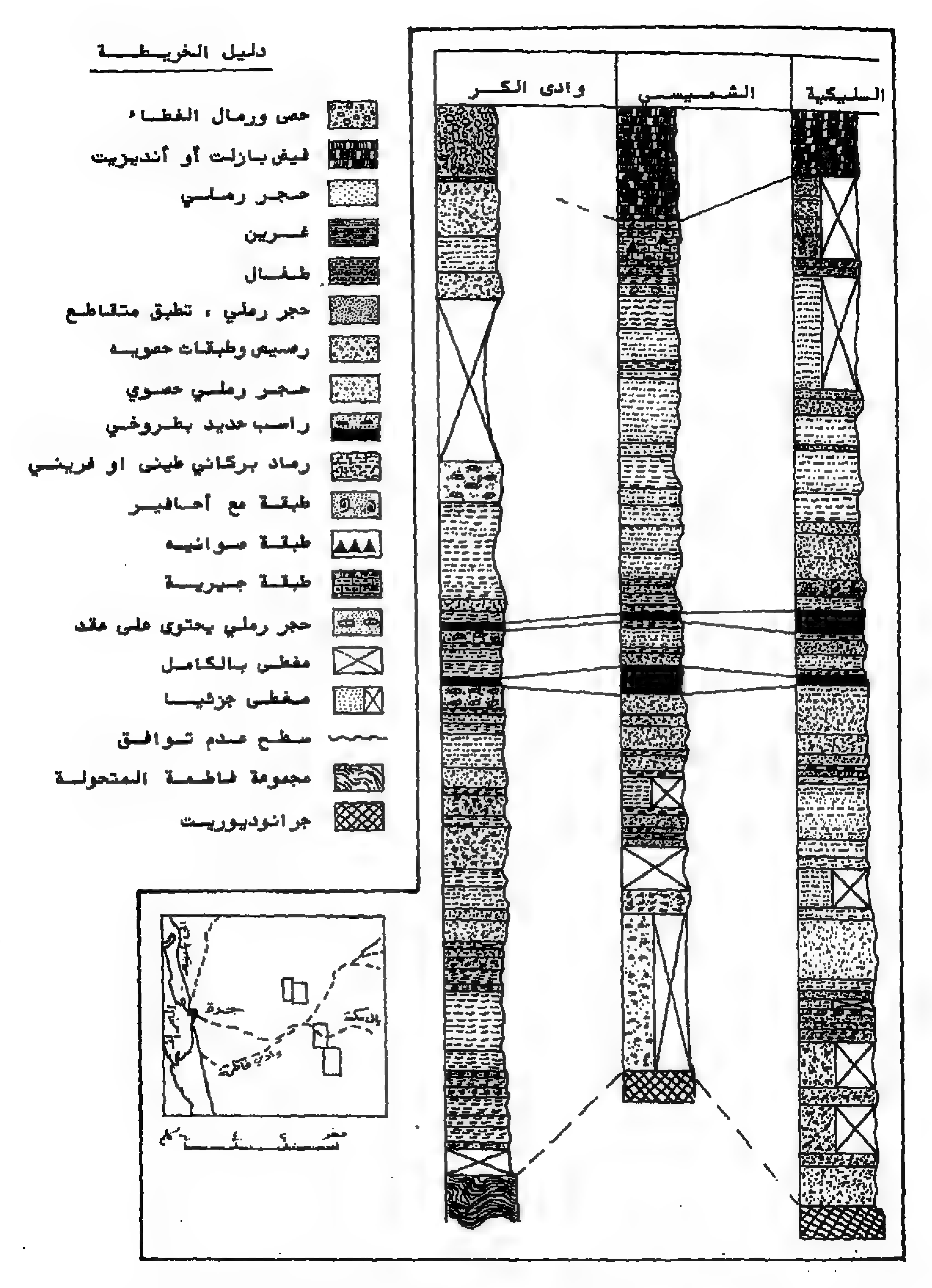
تتمثل الصخور الرسوبية في هذه المنطقة في متكون الشميسى الرسوبي الذي يحتوي في جزئه الأوسط في العادة على طبقتين من الحديد السرئي (البطروخي Oolitic iron ore). تظهر رواسب هذا المتكون في أماكن كثيرة من هذه المنطقة (شكل ٤٠). وأهم المناطق اقتصاديا هى التي سميت بمناطق ١، ٢، ٣، ٤ حيث تقل الأهمية الاقتصادية تصاعديا (Al Shanti 1966).

ونظراً لوجود اختلافات واضحة في الخواص الطبيعية والتكوينية لوحدات صخور متكون الشميسي فقد جرى تقسيمه إلى ثلاثة أجزاء (أعضاء) - الجزء (العضو) السفلي والجزء (العضو) الأوسط والجزء (العضو) العلوي.

تتكون الوحدات الرسوبية لهذا المتكون من طبقات الحجر الرملي (sandstone) وحجر الغرين (siltstone) وطبقات الطفال (shale) والحجر الرملي الحصوي (pebbly sandstone) والصوان (chert) والرماد البركاني (volcanic ash) والحديد السرئي (البطروخي). يختلف إجمالي سمك المتكون من منطقة لأخرى، ويتراوح عادة ما بين ٨٠ - ٢٠٠ متر تقريبا (شكل ٤١).



شكل (٤٠) خريطة جيولوجية لمنطقة رقم - ١ - السليكية - لرواسب الحديد في منطقة وادي فاطمة.
معدلة من (1966) Al Shanti .



شكل (٤١) أعمدة طباقية لمتكون الشميسي في ثلاث مناطق ، السليكية ، الشميسي، ووادي الكر ، يوضح الاختلافات في سمك طبقات الحديد وغيرها . معدلة من Al Shanti (1966) .

يستقر متكون الشميسي لا توافقيا فوق الصخور المتبلِّرة (نارية ومتحولة) التى تأثرت بشدة بعوامل التعرية المختلفة. ويتجه ميل طبقات هذه الرسوبيات عموما بدرجة تتراوح ما بين ١٥° - ٣٠° شرقًا وكثيراً ما تكون درجة الميل لهذه الطبقات هي ٢٥° شرقًا.

ويعتقد أن ميل هذه الطبقات في وضعها الحالي راجع إلى تجدد الحركة على الصدوع الإقليمية في المنطقة، والتي تتجه للشمال الغربي موازية للصدوع المكونة للبحر الأحمر. ونتيجة لتجدد الحركة على هذه الصدوع الإقليمية تكونت في متكون الشميسي صدوع محلية موازية، وهذه تكوِّن نسبة عالية من مجموع الصدوع المحلية.

ومن دراسة أنواع الصخور وما تحوية من أحافير بحرية كبيرة (macrofossils) في الطبقات السفلى والعليا منها، وأحافير قارية في الطبقات الأعلى، نستنتج احتمال بدء الترسب في عصر الأوليجوسين في حوضٍ بحري ضحل، وتبع ذلك هبوطٌ تدريجي عام تخللته تذبذبات خفيفة بين ارتفاع وانخفاض في قاع الحوض تبادلت بها رواسب دقيقة وأخرى أقل دقة. ثم انتهى الترسيب في هذه المنطقة بتكون رواسب قارية محلية تتبع عصر الأوليجوسين (Al Shanti 1966).

بالإضافة إلى الصخور الرسوبية السابق ذكرها، توجد بالمنطقة صخور القاعدة وتتكون من الصخور النارية (وأكثرها انتشارا الجرانوديوريت والجرانيت) ومن الصخور المتحولة (ومنها شيست الأمفيبول الذي يحتوي على طبقات من شيست السريسيت، والكوارتزيت وشست الكلوريت). وكذلك صخور مجموعة جدة التابعة لما قبل الكامبري، وهي صخور بركانية وفتاتية بركانية تشتمل على صخر الأنديزيت والأجلوميريت والريوليت، بالإضافة إلى متكون فاطمة وهو عبارة عن صخور رسوبية وبركانية من ما قبل الكمبرى وقعت تحت تأثير عوامل جيولوجية وتكتونية مختلفة جعلت منها رسوبيات متحولة إلى حد ما، ومطوية ومشوهة بدرجة كبيرة.

لقد أمكن مقارنة رواسب خام الحديد الرسوبية في هذه المنطقة بنظيراتها بجمهورية مصر العربية (أسوان) وفي سوريا (منطقة راجو) من حيث الطبيعة والأصل، والعمر الجيولوجي تقريباً.

مناطق وجود الحديد: تعتبر منطقة السليكية، وهي المنطقة رقم (١) من أهم مناطق وجود خام الحديد في وادي فاطمة، حيث توجد فيها طبقتان من الحديد تمتدان شمالا جنوبا إلى ما يزيد على سبعة كيلومترات، ويبلغ متوسط سمك الطبقة العليا منهما حوالي ثلاثة أمتار تقريبا، ومعدل نسبة الحديد فيها ٤٦,٥٪، أما الطبقة السفلى فيصل سمكها إلي حوالي ١,٥م، ومعدل نسبة الحديد فيها ٤٢٪.

أما المنطقة رقم (٢) فتقع في الشميسي، جنوب المنطقة الأولى رقم (١) وتمتد لمسافة ١٧ كم شمالا جنوبا، يعتبر الجزء الشمالي من هذه المنطقة هو الجزء الهام اقتصاديا حيث يمتد إلى مسافة ستة كيلو مترات ويحتوي على طبقتين من الحديد، يبلغ متوسط سمك الطبقة السفلى حوالي ٣,٥م ومعدل نسبة الحديد فيها ٤٨,٥٪، أما الطبقة العليا فيصل متوسط سمكها ٢م تقريبا وتحتوي على نسبة ٣٦,٥٪ حديد.

أما المنطقة رقم (٣) فتقع على الحافة الغربية لوادي الكر، على الطرف الشمالي لجبل ضاف، ومعظم هذه المنطقة مغطى، إلا في مناطق قليلة، وقد أمكن الكشف عن الجزء الشمالي منها بعمل خنادق سطحية. يبلغ طول المنطقة الإجمالي حوالى ٥ كم في اتجاه شمال جنوب. ويظهر في هذه المنطقة طبقتان من الحديد، تكون السفلى الطبقة الهامة حيث بلغ معدل سمكها حوالي مترين، تحتوي على نسبة ٣٣٪ حديد، أما الطبقة العليا فيصل معدل سمكها إلى نصف متر فقط ومحتواها من الحديد يتراوح ما بين ٣٠ و٣٥٪. وتعتبر الإمكانات الاقتصادية لهذه المنطقة أقل مما هو في مناطق السليكية والشميسي وذلك لقلة سمك طبقات الحديد ومحتواها من الحديد.

أما المنطقة رقم (٤) فتقع شمال بلدة الجموم في وادي فاطمة، تغطيها الحرة البركانية وتمتد إلى مسافات طويلة منكشفة هنا وهناك على حافتها الغربية. يتراوح سمك طبقة الحديد هنا ما بين ١ - ١,٥م تقريبا بمعدل ٣٥٪ حديد، أما الطبقة الثانية فغير ظاهرة في هذه المنطقة ولكنها تظهر في منطقة هدى الشام والمناطق المجاورة (Al Shanti 1966).

وصف خام الحديد: يسمى خام الحديد بالبطروخي (oolitic iron ore) نظرا لأن حبيباته تشبه بيض السمك في شكلها وحجمها، ويتراوح قطر الحبيبات ما بين

٥ , ٠ م - ٢ م، ولكنه عادة ما يكون في حدود ١ م تقريبا، ويزيد عن ذلك في مواقع كثيرة إلى أن تصبح حبيباته حمصية (بازلائية) (pisolitic) كما هو الحال في الجزء العلوى من طبقة الخام الرئيسة في المنطقة رقم (٢) الشميسي. يميل لون الخام إلى البني الغامق أو الأحمر القاني، وحبيباته متماسكة مع بعضها البعض بمواد حديدية أو حبيبات ناعمة من الرمل الحديدي. كما يكون تماسكها أحيانا ضعيفا ويسهل تفتيتها باليد. وتظهر هذه الخاصة على السطح الظاهر من طبقات الحديد أو أجزاء منه نتيجة التعرية التباينية (differential erosion) . تتكون حبيبات الخام من معدن الجيثيت (goethite) أو الهيماتيت (hematite) الملتصقة مع بعضها البعض بمعدن الجيثيت الدقيق الحبيبات، وتتكون الحبيبات البطروخية من طبقات متتالية من الجيثيت والهيماتيت والطين الحديدي محيطة بنواة تكون أحيانا من الكوارتز أو من الهيماتيت أو من الجيثيت أو جزء من حبيبة بطروخية (Al Shanti 1966) .

اقتصاديات خام الحديد : دلت الدراسات التحليلية والتقييمية بأن هناك حوالي ٥٠ مليون طن من الحديد البطروخي في منطقتي (١) والجزء الشمالي من منطقة ٢ أ، ففي المنطقة الأولى يوجد حوالي ٣٢ مليون طن، وفي المنطقة الثانية حوالي ١٨ مليون طن تتراوح نسبة الحديد فيه ما بين ٤٤٪ - ٥٠٪ وقد أمكن تركيز هذه النسبة إلى ٥٨٪ .

ويعد هذا الراسب استراتيجيا يمكن استغلاله عند الحاجة إليه . أما في الوقت الحاضر فلا يعتبر اقتصاديا، نظراً لأن الجزء الأكبرمن خام الحديد لا يمكن استخراجه إلا بطريقة التعدين تحت السطحية المكلفة. أضف إلى ذلك أن الماء الضروري للتعدين غير متوافر.

ونظراً لسهولة التعدين السطحي، تقوم شركات الأسمنت في المنطقة القريبة بالحصول على احتياجاتها منه لصناعة الأسمنت مما تسبب في تشويه منكشفات الحديد في كلتا المنطقتين الرئيستين وفي بعض المواقع من المناطق الأخرى في وادي فاطمة والشميسي.

المنجنيز Manganese (Mn)

المنجنيز هو أهم الفلزات بعد الحديد في صناعة سبائك الصلب كما أنه مطلوب

في الصناعات الكيميائية مثل صناعة البطاريات الجافة والأصباغ والزجاج وغيرها .

ويبلغ الإنتاج العالمي من المنجنيز حوالي ٢٤ مليون طن يأتي حوالي ثلثها من الاتحاد السوفييتي . وأهم الدول المنتجة - بالإضافة له - هي جنوب إفريقيا والبرازيل واستراليا والجابون . وأهم معادن المنجنيز المستعملة هي :

بيرولوزيت pyrolusite (MnO_2) (٦٣٪ Mn) .

منجانيت manganite ($MnO.OH$) (٦٢,٤٪ Mn) .

رومانشيت romanechite ($Ba Mn^{++} Mn_8^{+++} O_{16} (OH)_4$) (٤٥-٦٠٪ Mn) .

وكان يعرف سابقا بسيلوميلين (psilomelane) .

هوْسمَنيت hausmannite (Mn_3O_4) (٧٢,٥٪ Mn) .

رودوكروسيت rhodochrosite ($MnCO_3$) (٤٧,٦٪ Mn) .

رودونيت rhodonite ($MnSiO_3$) (٤١,٩٪ Mn) .

بيمنتيت bementite ($Mn_8 Si_6 O_{15} (OH)_{10}$) (٣٩,١٪ Mn) .

والواد (wad) وهو اسم حقلي لمزيج من أكاسيد المنجنيز المائية وغير المائية وهيدروكسيداته متبلّرة وغير متبلّرة . ويعتبر الواد للمنجنيز كالليمونيت للحديد والبوكسيت للألومنيوم .

تقسم خامات المنجنيز ، وتخصص للاستخدامات المختلفة حسب نسبة الفلز فيها على النحو التالي :

راسب كيميائي ويحتوي على ٨٢ - ٨٧٪ MnO_2

راسب ميتاليرجي ويحتوي على ٤٦٪ MnO_2

راسب منجنيز حديدي ويحتوي على ١٠ - ٣٥٪ MnO_2

راسب حديد منجنيزي ويحتوي على ٥ - ١٠٪ MnO_2

وهناك ثلاثة أنواع مهمة من رواسب المنجنيز هي :

١ - خامات رسوبية متطبقة (stratiform sedimentary ores) .

٢ - خامات بركانية الأصل أو حرمائية (volcanogenic-hydrothermal deposits) .
(وتشمل عقد المنجنيز على قيعان المحيطات) .

٣ - خامات متبقية (متخلفة) (residual deposits) نتجت عن تجوية الصخور

الحاوية للمنجنيز وتركيز أكاسيده القليلة الذوبان على السطح.

المنجنيز في المملكة العربية السعودية

عرف في المملكة نوعان من خامات المنجنيز:

١ - نوع رسوبي مصاحب للرسوبيات التابعة للعصر الميوسيني في صخور الغطاء بغرب المملكة.

٢ - نوع بركاني رسوبي مصاحب لرواسب الكبريتيد الكتلي في منطقة الخنيقية.

المنجنيز الرسوبي على ساحل البحر الأحمر

توجد بين طبقات الحجر الجيري الرملي والحجر الجيري الدولوميتي التابع للميوسين والموجود في الشريط الساحلي ما بين الوجه وأملج، عدة أماكن تظهر فيها رواسب المنجنيز على هيئة طبقات رقيقة متوافقة مع التتابع، يتروح سمكها بين ٥ و ٤٠ سم، وتتكون أساسا من أكاسيد المنجنيز الترابية (wad). ونظرًا لقلة سمك هذه الطبقات وصغر امتدادها لم تجذب الاهتمام لدراستها تفصيليا.

المنجنيز البركاني الرسوبي في الخنيقية

وجدت بعض عدسات من أكاسيد المنجنيز متطبقة مع الطَّف الصواني (cherty tuffite) المصاحب لأجسام الكبريتيد الكتلي في المنطقة، وخاصة بصحبة جسم الخام رقم (٣) وبدرجة أقل مع جسم الخام رقم (٤) (شكل ٢٨ أ). يتكون الخام من معدن البيرولوزيت (pyrolusite) بصفة أساسية. والكميات الموجودة من الخام محدودة ولم تجر عليها أية دراسات تفصيلية حتى الآن (Testard 1983).

وبالإضافة، هناك العديد من مناطق ظهور شواهد من المنجنيز في أماكن متفرقة، خاصة في الغطاء الرسوبي، لم يصل أي منها إلى الدرجة التي تجذب الاهتمام لدراستها تفصيليا.

النيكل (Ni) Nickel

يأتي النيكل بعد المنجنيز في الأهمية في صناعة سبائك الحديد والصلب، كما أن له استخداماته الأخرى المتعددة، مثل صناعة العملات والطلاء الكهربائي وغيرها.

ويبلغ الاحتياج العالمي من النيكل حوالي ٨٠٠,٠٠٠ طن، يأتى إنتاجها من الرواسب الكبريتيدية ورواسب اللاتيريت، ويأتي معظم الإنتاج من سدبري (Sudbury) في كندا (٢٤٥,٠٠٠ طن) ثم الاتحاد السوفيتي (١٦٨,٠٠٠ طن) ثم كاليدونيا (١١٠,٠٠٠ طن) ثم إستراليا وكوبا.

وأهم معادن النيكل الأولية المستغلة اقتصاديا هي البنتلانديت (pentlandite (Fe, Ni) S_8) والذي يوجد في رواسب الكبريتيدات مصاحبا للكلكوبيريت والبيروتيت، وكذلك معادن النيكل الثانوية مثل البرافويت (bravoite (Fe, Ni) S_2) والفيولاريت ((violarite (Ni_2FeS_4)) والجارنيريت (garnierite $(Ni,Mg)_3$ Si_2O_5 $(OH)_4$) .

وهناك نوعان من رواسب النيكل المستغلة اقتصاديا هي:

١ - رواسب كبريتيدات النيكل والنحاس المصاحبة للمحقونات القاعدية - فوق القاعدية المتطبقة مثل سدبري بكندا والبركانيات فوق القاعدية مثل كمبالدا (Kambalda) في إستراليا. وقد تكونت الخامات هنا على هيئة أجسام كتلية (massive) أو على صورة منثورة (disseminated) كما قد توجد على صورة مادة لاحمة لبريشيا حائط القدم (Breccia ore) أسفل المحقونات القاعدية - فوق القاعدية. ،نسبة وجود النيكل هنا ١,٥٪ مع ٢٪ نحاس تقريبا.

٢ - رواسب متبقية (residual deposits) من خليط من سيليكات النيكل تنتج عن تجوية الصخور فوق القاعدية - السربنتينيت أساسًا - مثل الموجودة في كاليدونيا وكوبا، ويتروواح محتوى النيكل هنا ما بين ١ - ٤٪.

رواسب النيكل في المملكة العربية السعودية

وجد النيكل في المملكة بكميات قليلة في مواقع عدة، إما على شكل عدسات صغيرة في الصخور القاعدية كما هو الحال في منطقة وادي خمال (كمال)، أو مصاحبا لكبريتيدات الحديد في الصخور البركانية متوسطة التركيب كما هو الحال في منطقة وادي قطن في جنوب المملكة وخاصة موقع الهضبة.

١) وادي قطن Wadi Qatan

تقع منطقة وادي قطن في جنوب الدرع العربي على خط طول ٤٤°٢َ شرقًا وخط

عرض ٦َ ١٨ْ شمالا (شكل ٣٣)، وتكثر فيها الصخور البركانية مثل البازلت والأنديزيت والداسيت الفيضية والفتاتية المتحولة التي تقطعها أجسام عدة من صخور الأداميلّيت والديوريْت.

يوجد تمعدن النيكل في أحد مواقع الجوسان الموجودة بكثرة في منطقة وادي قطن والذي يسمى بموقع الهضبة مصاحبا للبيريت والبيروتيت. تم اكتشاف هذا التمعدن بعد عمل سَبْرماسي للموقع حيث وجد جسم من البيْريْت الكتلي الذي يحتوي على بعض معادن النّيكل. ينكشف جوسان الهضبة في عدة مواقع منفردة في حزام يبلغ طوله ٢ كم ويمتد في اتجاه شمال ٤٠ْ غرب وتبلغ المساحة الإجمالية للتمعدن على السطح بحوالي ٣٩٠٠٠م٢.

وجدت شركة الدرع العربي للتعدين (Arabian Shield Mining Company) التي حصلت على امتياز التنقيب في هذه المنطقة أن نسبة النيكل في أحد الثقوب الماسية كانت ٥, ١٪ بسمك ٣١ متراً وطول ٦١ متراً وأن أعلى نسبة أمكن التوصل إليها كانت ٩, ٢٪ بسمك متر واحد، وأما معدل وجود النيكل في الموقع فهو ٢, ١٪، ونظراً لصعوبة استخراج النيكل من الخام فالمقترح استخراجه على شكل سبيكة مع الحديد (٢٥٪ نيكل و٧٥ ٪ حديد).

يتكون التمعدن الكتلي هنا من البيريْت والبيروتيْت. ويشكل البنتلانديْت (pentlandite) أهم معادن النيكل الذي يتداخل مع معدن البيروتيْت في نسيج شبه لهبي (flame texture) مما يدل على الإحلال، وبالإضافة يوجد الفيولاريْت (violarite) ونسبة أقل من البرافويْت (bravoite) تحت منطقة التأكسد مباشرة، وكلاهما ناتج ثانوي عن البنتلانديت (Dodge and Rossman 1975).

٢)جبل جداير Jabal Jidair

يقع جبل جداير على خط عرض ٤َ ٢١ْ شمالاً وخط طول ٢٩َ ٤٣ْ شرقًا على بعد حوالي ٧٠ كم جنوب شرق مدينة رانية Ranyah (شكل ٣٣).

وصخور هذه المنطقة قاعدية وفوق قاعدية تابعة لحزام نبيطة (الممتد من طلوحة إلى الحمضة) والذي تشيع فيه مكونات التتابعات الافيوليتية من الجابرو المتحول والبيروكسينيت والسربنتينيت وغيرها.

صادف أحد ثقوب الحفر الماسي منطقة من السربيتينيت تحتوي على نسبة ما بين

٥ - ١٠٪ بيروتيت (وقد يصل أحيانا إلى حوالي ٢٥٪)، ووجد أن معدن النيكل الموجود هو الفيولاريت (violarite) بكميات قليلة. وبالتحليل الكيميائي وجد أن السربنتينيت يحتوي على نسبة ٢٢٨٠ جزء في المليون نيكل. وهذا لا يزيد كثيراً عن النسبة العادية للنيكل في الصخور فوق القاعدية وهي ٢٠٠٠ جزء في المليون. وعلى ذلك، فإن النيكل هنا لا يعتبر اقتصاديا (Gonzales 1970) .

٣) وادي خمال (كمال) Wadi Khumal

تقع هذه المنطقة في الجزء الغربي الأوسط للدرع العربي، بالقرب من ساحل البحر الأحمر، على بعد ٤٠ كم شمال مدينة ينبع البحر على خط عرض ٣٠َ ٢٤ْ شمالا وخط طول ٥٤َ ٣٧ْ شرقًا (شكل ٣٣).

الصخور المضيفة لتمعدن النيكل هنا هي صخور قاعدية وفوق قاعدية متطبقة في جسم بيضيّ المنكشف يمتد شمال - جنوب، ويتكون بصفة أساسية من صخور الجابرو والأنورثوزيت (شكل ٣٦).

ينكشف التمعدن على السطح على شكل عدسات صغيرة من الجوسان، وبحفر هذه المواقع وجد أنها مكونة من البيريت والبيروتيت. يصاحب تمعدن النيكل وهو البنتلانديت معدن البيروتيت. وبالتحليل الكيميائي وجد أن معدل وجود النيكل هو ٢٧٠٠ جزء في المليون مع وجود نسب أعلى من ذلك أحيانا في بعض المواقع الصغيرة والتي تمثل فقط ٥٪ من إجمالي التمعدن في المنطقة. وقد وصلت النسبة فيها الى ١٢,١٪ و١٧,٥٪ و٣,٤٪ نيكل (Chevremont 1982 و Chevremont and Johan 1981) .

وعليه فيعتبر وجود النيكل في هذا الموقع غير اقتصادي في الوقت الحالي.

الكروم Chromium (Cr)

يعتبر الكروم من أهم العناصر في تجهيز سبائك الصلب ذات الاستخدام الخاص، كما يستعمل أكسيده كمادة مقاومة للحرارة في تبطين الأفران العالية وفي الصناعات الكيميائية. يبلغ الإنتاج السنوي حوالي ١٠ مليون طن تأتي من جنوب إفريقيا (٤,٢ مليون طن) والاتحاد السوفيتي (٢,٢ مليون طن) وألبانيا (٧٠٠,٠٠٠ طن) ثم تركيا وزمبابوي والفلبين والهند وكوبا.

ومعدن الكروميت (chromite ($FeCr_2O_4$)) هو معدن الخام الوحيد للكروم ،

ويجب أن يحتوي الراسب على ٤٥٪ (Cr_2O_3) علي الأقل حتى يكون اقتصادي الاستغلال، كما يجب أن تكون نسبة الكروم إلى الحديد أكبر من ٥ و ٢ : ١ حتى يمكن استعمال الخام في الأغراض الميتاليرجية.

وكل رواسب الكروميت صهارية الأصل، تكونت بصحبة الصخور القاعدية - فوق القاعدية من خلال عملية تبلّر مبكر للكروميت، ثم انفصاله عن الصهارة بتأثير الجاذبية، وهبوطه إلى الأجزاء السفلى من الغرف الصهارية. ويوجد المعدن في صورة عدسات أو طبقات أو كتل غير منتظمة كما قد يوجد منثورا (disseminated) في الصخر.

وهناك نوعان من رواسب الكروميت :

١ - النوع المتطبق (layered chromite) الموجود على هيئة طبقات أو عدسات قليلة السمك شاسعة الامتداد في المحقونات القاعدية - فوق القاعدية المتطبقة (layered basic-ultrabasic intrusions) كما في معقد البوشفيلد (Bushveld) بجنوب إفريقيا.

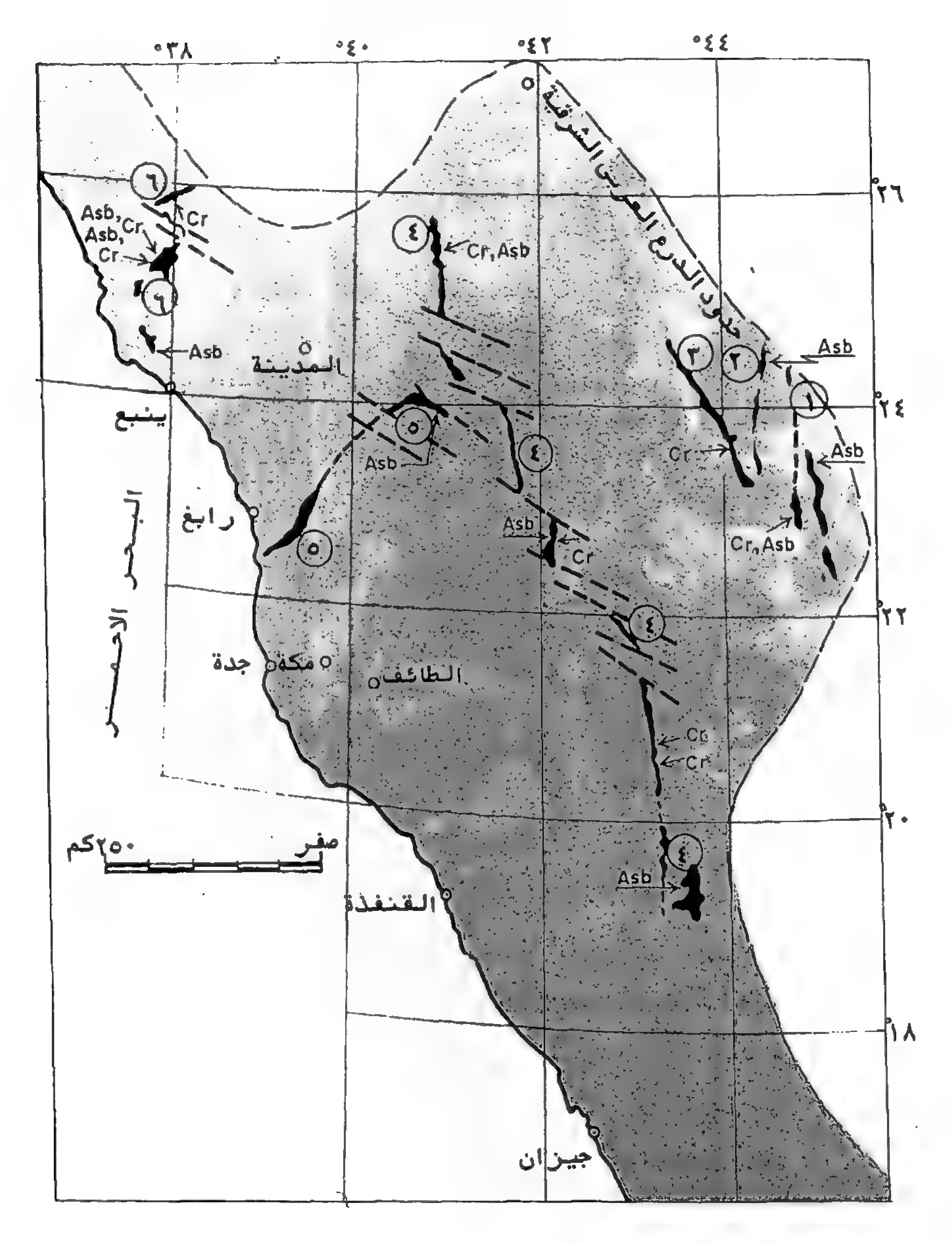
٢ - رواسب الكروميت الكرية (podiform) حيث يوجد الكروميت في التتابعات الأفيوليتية ملاصقا للمكان المفترض لسطح الموهو (Moho) بين الراق الثالث والراق الرابع من التتابع ويعرف هذا بالنوع الألبي (Alpine - type).

الكروميت في المملكة العربية السعودية :

اكتشفت رواسب صغيرة من الكروميت في صحبة تتابعات أفيوليتية في العديد من المناطق بالمملكة (شكل ٤٢) أهمها ما يلي:

١) منطقة العيس Al Ays

تقع على بعد ١٥٠ كم شمال شرق مدينة ينبع البحر، ما بين خط عرض ١٠َ ٢٥ْ و ٢٧َ ٢٥ْ شمالاً، وخط طول . . ٣٨ْ و ١٥َ ٣٨ْ شرقًا (شكل ٤٢). تحتوي هذه المنطقة على صخور تتابع الأفيوليت التابع لحزام جبل إس - جبل الوصق (درز ينبع) والذي يحتوي على صخور قاعدية وفوق قاعدية بالإضافة إلى صخور بركانية ورسوبية متحولة تغطي هذا التتابع لاتوافقيا. وأكثر هذه الصخور وجوداً هي صخور السربنتينيت والجابرو (شكل ٤٣) (Al Shanti and El-Mahdy 1989).

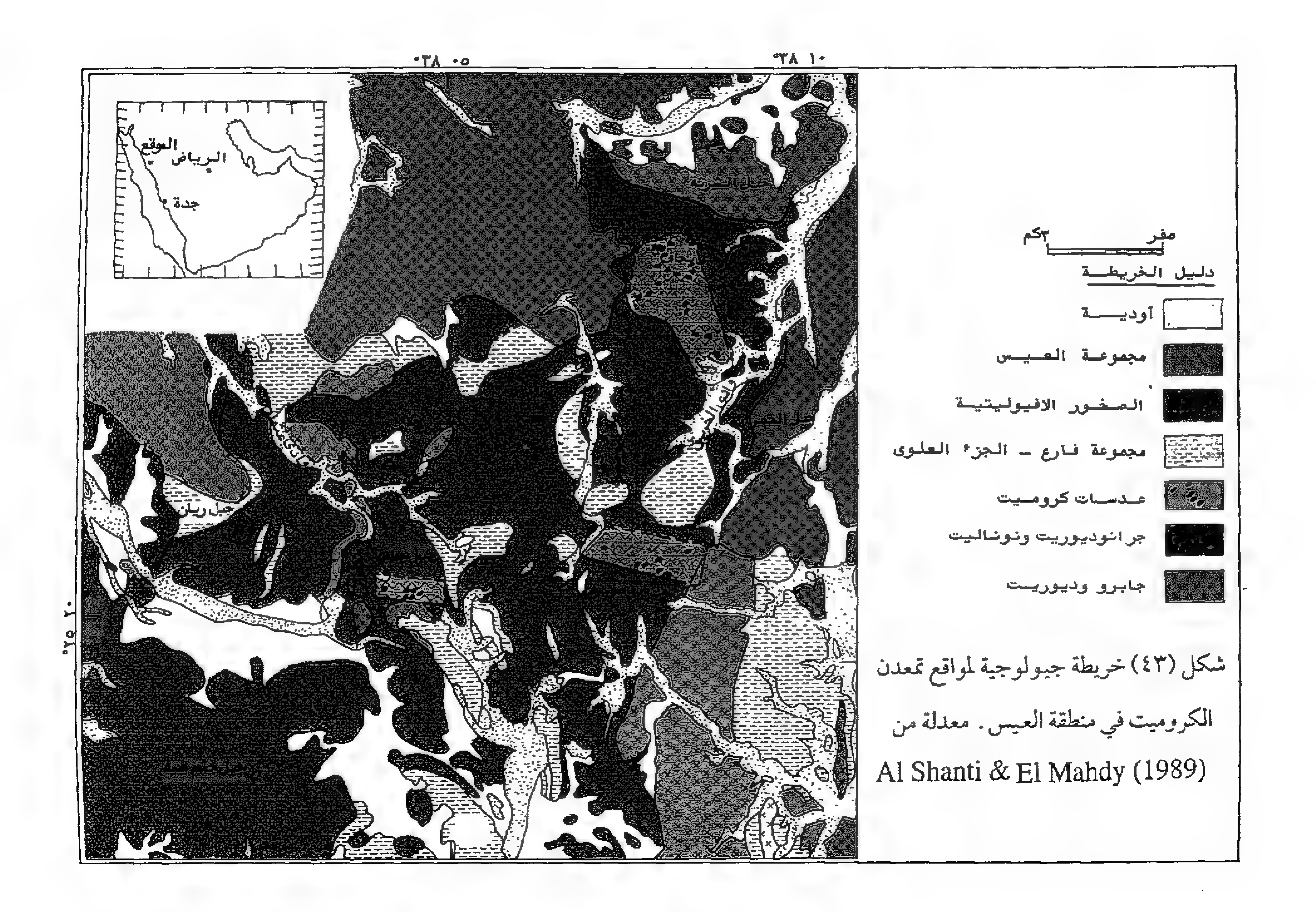


(١) حزام الأمار ـ إدساس — (٢) حزام جبل حميان ـ صبحه

(٣) حزام البجادية ـ حلبان — (٤) حزام حليفة ـ حمضة (نبيطة)

(٥) حزام بئر عمق ـ جبل ذروة — (٦) حزام جبل إس ـ جبل الوسق

شكل (٤٢) مواقع وجود تمعدن الكروميت (C r) والأسبستوس (Asb) في الدرع العربي .



شكل (٤٣) خريطة جيولوجية لمواقع تمعدن الكروميت في منطقة العيص. معدلة من Al Shanti & El Mahdy (1989)

يصاحب الكروميت الصخور فوق القاعدية وخاصة الدونيت على شكل عدسات يغلب أن تمتد إلى بضعة أمتار طولًا ومتر واحد أو أقل عرضًا. وأمكن إحصاء حوالى ٣٦٠ موقع تمعدن كروميتي بأحجام مختلفة في هذه المنطقة. يوجد الكروميت كذلك كأحد المكونات المعدنية الداخلة في تركيب الصخر وتصل نسبته في بعض الأحيان إلى ٨٥٪ من الصخر حيث يسمى الصخر حينئذ بالكروميتيت (chromitite). ويوجد تمعدن الكروميت بالمنطقة على عدة أشكال هي :

☐ **منقول transported** : وهو ناتج إما عن تمعدن أولي انتقل من مكانه إلى أماكن أخرى بفعل عوامل التعرية المختلفة كما هو الحال في الحصى (pebbles) والجلاميد (boulders) التي انتقلت مئات الأمتار بعيدة عن موقعها الأصلي. أو نتجت عن تمعدن أولي بقي في مكانه مكشوفا بعد تعرية الصخر حوله ويأخذ أشكالا عدة ما بين الحصى والجلاميد إلى عدسات مختلفة الأحجام.

☐ **محلي in situ** :

(أ) عدسات (lenses) : وهي أجسام متجانسة يصل طولها من ٣ - ٦ أضعاف عرضها.

(ب) طبقات (layers) : يصل طولها إلى مسافات كبيرة ولكن نسبة الكروم فيها قليلة وسمكها غير متغير تقريبا ويمكن قياس الامتداد والميل لهذه الأجسام كما هو الحال في الطبقات الصخرية.

(ج) كروميت منثور (disseminated) حيث ينتثر الكروميت في أحزمة دقيقة من الصخر تحيط بعدسات الكروميت أو منعزلة عنها.

(د) كروميت مرقط (leopard chromite) حيث تكون تجمعات حبيبات الكروميت كريات في وسط من السربنتينيت يضفي عليها شكل النمر المرقط.

كما وأن الخام نفسه قد يكون على أيٍّ من الأشكال التالية :

(أ) كتلي (massive) : متوسط إلى كبير الحبيبات، خالٍ من الشوائب أو أن نسبتها قليلة.

(ب) كتلي متورق (massive foliated) : حيث تظهر الحبيبات على شكل وريقات وهذا غير شائع إلا في مناطق القص الشديدة (shear zones).

(ج) كروميتيت (chromitite) : حيث يختلط الكروميت مع السربنتينيت إلى أن

تصل نسبته في الصخر إلى حوالي ٨٥٪ . ويكثر وجود هذا النوع محيطًا بالعدسات الكتلية، كما يوجد في الطبقات .

(د) طبقات السربنتينيت الغنية بالكروميت.

(Kemp 1982 و Delfour 1982 و Chevremont and Vaillant 1983و
Al Shanti and El-Mahdy 1989).

٢) منطقة المصينعة (بير طلوحة) Musaynaah (Bir Tuluhah)

تكثر عدسات الكروميت في حزام الأفيوليت في المنطقة في الصخور فوق القاعدية المتحولة إلى السربنتينيت، وأمكن إحصاء ٢٢ عدسة في منطقة بئر طلوحة، على خط عرض ٤٠َ ٢٥ْ شمالاً وخط طول ٣٨َ ٤٠ْ شرقًا (شكل ٤٢)، ويتراوح طول كل منها ما بين ١ و ٤ أمتار وعرضها ما بين ٥٠ - ١٠٠ سم. ويبلغ طول أحداها ٣٠ مترًا تقريبا.

ويضم تتابع الصخور الحاوية للتمعدن الدونيت (dunite) والسربنتينيت (ser-pentinite) والأنورثوزيت (anorthosite) والجابرو (gabbro) والبازلت (basalt).

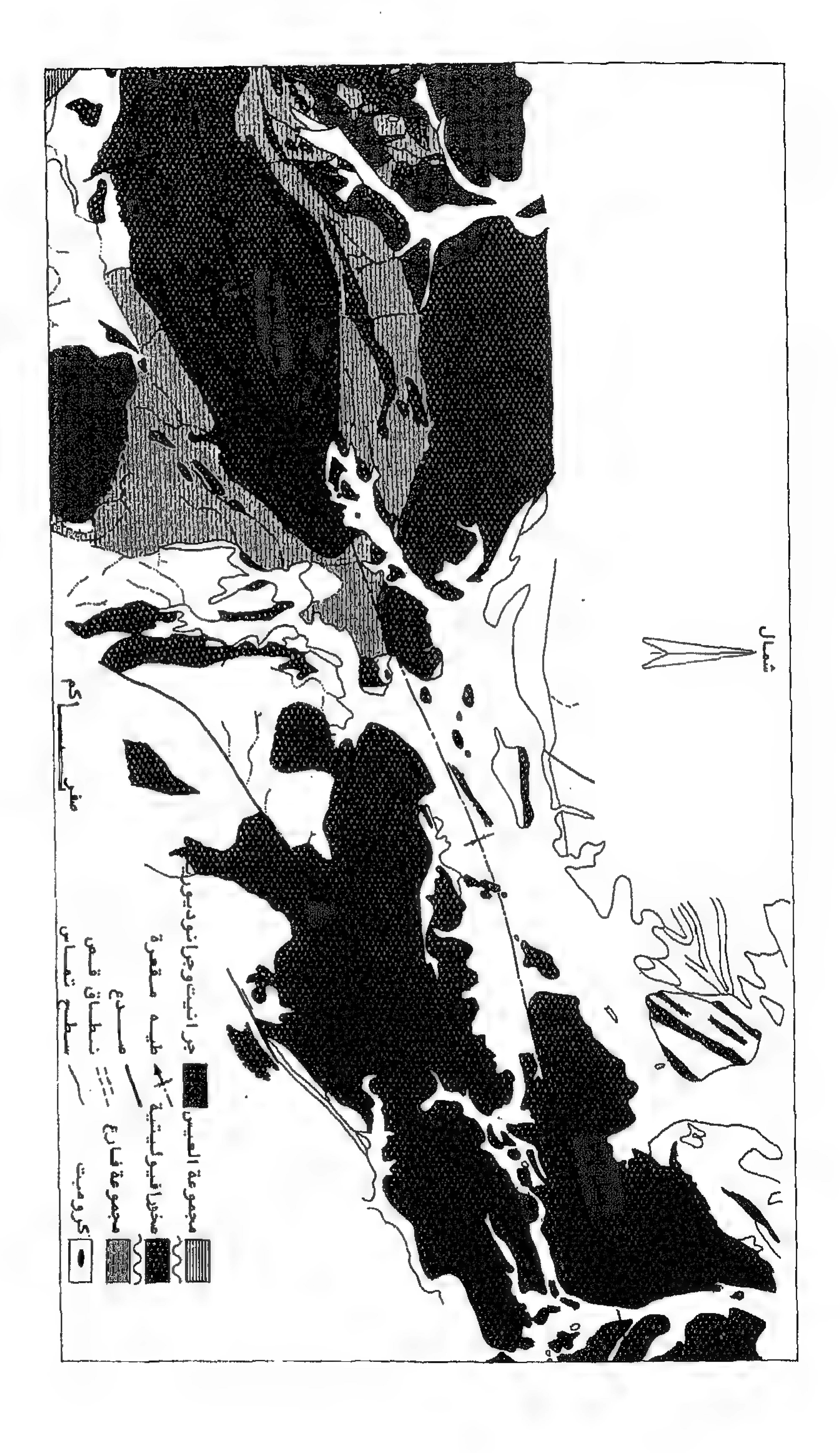
ويعتبر السربنتينيت المتحول من الدونيت أو الهارزبورجيت أكثر الصخور احتواءً لعدسات الكروميت في المنطقة (Al Shanti and El-Mahdy 1989 و Kattan 1983 ، Delfour 1982) .

٣) منطقة الشيزم (العويند وجبل إس) Ash-Shizm (Al Oweined and Jabal Ess)

تقع هذه المنطقة على بعد ٦٠ كم غرب جنوب غرب مدينة العلا، على خط عرض ٣٧َ ٢٦ْ شمالًا وخط طول ٣٧َ ٣٧ْ شرقًا، في الجزء الشمالي من الدرع العربي (شكل ٤٢). توجد عدسات عديدة من الكروميت في السربنتينيت التابع لتتابع جبل إس - جبل الوصق الأفيوليتي (شكل ٤٤)، يصل طول بعضها إلى ٥ م ويعرض يتراوح ما بين نصف المتر والمتر تقريبا (Chevremont and Johan 1982 و Al Shanti and El Mahdy 1989 و Shanti 1982) .

٤) منطقة جبل تيس Jabal Tays

يقع جبل تيس على بعد تسعين كيلو مترًا جنوب شرق بلدة الرويضة على طريق



شكل (٤٤) خريطة جيولوجية لمواقع الكروميت في منطقة جبل إبس - جبل العوينات. معدلة من Al Shanti & El Mahdy (1989) .

الطائف الرياض السريع ، على طرف وادي السرداح الشرقي، وهو جزء من حزام الأمار - إدساس الأفيوليتي، انفصل عنه بسبب عوامل الطي والتهشم الإقليمي الشديد في المنطقة .

يوجد الكروميت على شكل عدسات عديدة موزعة على ثلاثة نطق رئيسة متوازية في صخور السربنتينيت المتحول جزئيا إلى تَلك - كربونات - سربنتين ، يزيد طول إحداها عن عشرين متراً بعرض مترين تقريبا . أما العدسات الأخرى فتقل حجما إلى أن يصل بعضها إلى ١٠٠ × ٤٠ سم تقريبا . والكروميت في منطقة جبل تيس من النوع المرقط (leopard type) في معظمه إلا أن النوع الكتلي (massive) يتركز في الجزء الأوسط من العدسات (AlShanti and El-Mahdy 1989 و AlShanti and Gass 1983).

٥) منطقة مغيرة Mugherah

في الطرف الشمالي لمنطقة صدع الآمار - إدساس وعلى بعد حوالي ٥٠٠ متر منه يوجد جسم من الصخور فوق القاعدية المتحولة إلى السربنتينيت مصاحبة لصخور الشست التابعة لمتكون العبط . يصاحب الصخور فوق القاعدية هذه، عدسات صغيرة من الكروميت، كما يلاحظ وجود حبيبات كروميت منثورة في صخر السربنتينيت .

اقتصاديات الكروميت في المملكة العربية السعودية

تعتبر منطقة جبل الوصق في حزام العيس الأفيوليتي أهم مناطق وجود الكروميت في المملكة، ولقد أجريت العديد من الدراسات البحثية والتنقيبية ، بما في ذلك السَّبر الرأسي للكشف عن المزيد من الكروميت غير الظاهر على السطح ، ومحاولة زيادة الاحتياطي . وكانت نتيجة هذه الدراسات غير مجدية ، نظراً لصغر حجم أجسام الكروميت ، وصعوبة الكشف عنه تحت السطح باستخدام الطرق الجيوفيزيائية المعروفة . الاحتياطي المقدر لمنطقة العيس (٢٤٠٠٠) طن كروميت في عدد ٨٣ عدسة كروميت .

يلي جبل الوصق في الأهمية منطقة وادي العويند وجبل إس في الطرف الشمالي في صخر السربنتينيت المتحول من الدونيت . .

هذا ويمثل وجود الكروميت في حزام الوصق - جبل إس حوالي ٨٠٪ من الكروميت الموجود في المملكة في حين يغطي الـ ٢٠٪ الباقية منطقة بئر طلوحة بالقرب من بلدة الحليفة (حوالي ١٥٪) ومنطقة جبل تيس (حوالي ٥٪). أما أحزمة الأفيوليت

الأخرى فتحتوي على القليل من الكروميت على شكل عدسات منفردة صغيرة كما هو الحال في جبل ذروة، أو على كروميت على شكل حبيبات منثورة في صخر السربنتينيت في الكثير من المواقع (AlShanti and El-Mahdy 1989) .

هذا ويبلغ إجمالي المناطق الأخرى غير منطقة العيس من الخام بـ (٣٥٠٠) طن كروميت. كان معدل احتواء الكروميت لجميع مواقع التمعدن في الدرع العربي يتراوح ما بين ٤٤ - ٦٦٪ Cr_2O_3 ، بنسبة كروم / حديد = ٥, ٢ - ٥, ٥ بمعدل ٢, ٣ وهذا المعدل يعتبر مناسبا كيميائيا.

ولا يعتبر تمعدن الكروميت بكميته المحدودة هذه ذا اقتصاديات كبيرة في الوقت الحاضر، نظراً لأن هذه الكمية موزعة في مساحات متباعدة، وليست مركزة في موقع واحد يمكن استغلاله منها بسهولة. غير أنه يمكن استغلاله عن طريق شركة خاصة وطنية نظراً لكونه سطحي المنكشف ويسهل تعدينه عن طريق تعدين سطحي. وذلك عندما تقوم صناعة وطنية لاستغلال هذا المعدن لإنتاج سبيكة الفولاذ الكرومي أو الطوب الحراري الكرومي أو في صناعة الكيماويات والدهانات وغير ذلك.

التنجستن (W) Tungsten

اكتشف فلز التنجستن في عام ١٧٨٠م ولم يعرف له استعمال معين حتى أوائل هذا القرن، حيث عرف أن الصلب المحتوى على كمية منه يمكن استخدامه لقطع أنواع الصلب الأخرى ، ومن ذلك التاريخ اعتبر أحد دعائم صناعة أنواع معينة من الفولاذ . يستعمل فولاذ التنجستن اليوم في صناعة آلات قطع الصلب عند السرعات العالية حيث يحتفظ بصلابته حتى عندما يكون ساخنا لدرجة الاحمرار. وحديثا استخدم التنجستن في إنتاج كربيد التنجستن وهو مادة صناعية تلي الماس في صلابته. كما يستعمل التنجستن في تحضير فتائل المصابيح الكهربائية ونقاط التلامس في بعض المعدات الكهربائية وأيضا في أجهزة أشعة إكس ودروع الدبابات ومواسير المدافع ومقذوفاتها.

توجد أهم احتياطيات التنجستن في الصين (٥٠٪) وكوريا الشمالية والاتحاد السوفيتي (٣٠٪)، وتتوزع الـ ٢٠٪ الباقية على دول العالم المختلفة .

وبلغ إنتاج العالم ٤٣٠٠٠ طن من ركازات الولفرام (١٩٨١)، مَثَّل إنتاج الصين

منهـا ٩٤٠٠ طن ، وروسيـا ٧٨٠٠ طن، والولايات المتحـدة ٣٧٠٠ طن، في حين أنتجت كوريا ٢٥٠٠ طن، وبوليفيا ٢٠٠٠ طن.

وبالرغم من أن التنجستن يوجد في أكثر من ٢٠ معدنًا ، إلا أن المعادن المستغلة اقتصاديا للتنجستين هي فقط الشيليت (scheelite ($CaWO_4$)) والولفراميت (wolframite (Fe, Mn) WO_4) ، وعادة ما تكون رتبة الخام الاقتصادي أقل من ١٪ WO_3 ترتفع في المركزات إلى ٦٠٪.

وفلز التنجستن فضي رمادي اللون تبلغ كثافته النوعية ١٩,٣٥ ودرجة انصهاره ٣٤٠٠°م.

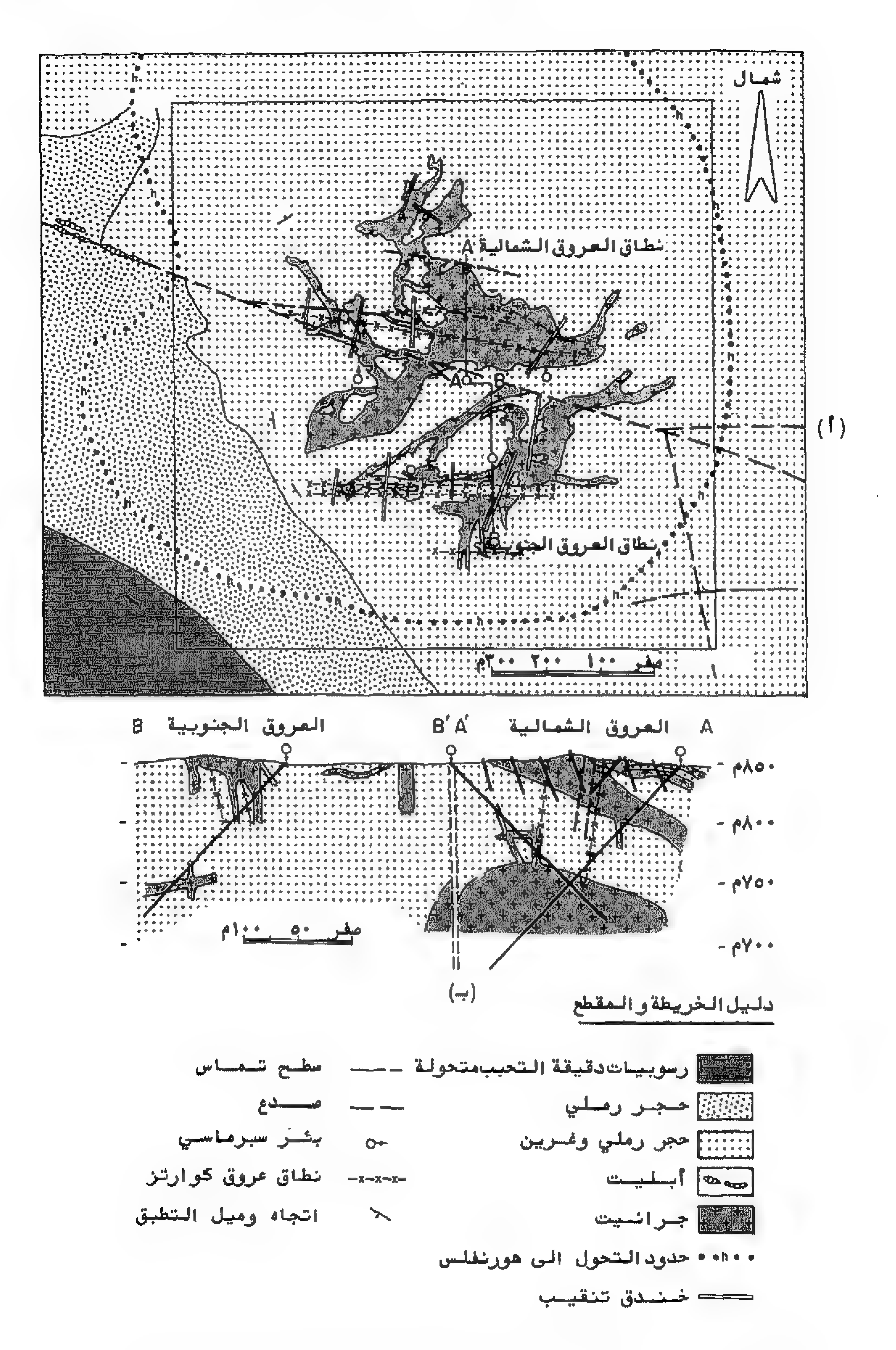
يوجد التنجستن في نطاقات التحول بالتماس (عادة في صورة شيليت) أو في عروق الكوارتز والبجماتيت المصاحبة للصخور الجرانيتية، كما قد يوجد مع بعض رواسب القصدير أو موليبدنم حيث يحصل عليه كناتج ثانوي. وهناك بعض رواسب المراقد (placer deposits) المحتوية على نسبة عالية من الولفراميت.

التنجستن في المملكة العربية السعودية

وجد التنجستن كشاذة جيوكيميائية (geochemical anomaly) في كثير من التمعدنات المصاحبة للجرانيتات الأحدث في المملكة (post orogenic granite) ، (Sabir and Labbe 1985 و Dodge 1973) وحديثا تركز الاهتمام حول منطقة بدايع الجمال والتي نعرضها فيها يلي :

١) بدايع الجَمَال (بدْع الجَملَة) Badayeé Al-Jamal

يقع راسب تنجستن بدايع الجَمَال في الجزء الشمالي الشرقي من الدرع عند تقاطع خط عرض ٢٥°٠٩َ شمالًا وخط طول ٤٢°٤١َ شرقاً (شكل ٣٣). ويوجد التمعدن مصاحبا لمحقون صغير من الجرانيت المتخصص الأحدث تعرَّض لعملية جرزنة (greisenization) وتكوُّن عروق الكوارتز (Cole *et al.* 1981) . والصخور المضيفة لهذا الجرانيت هي الصخور الفتاتية دقيقة التحبب من مجموعة مردمة، والتي سبق أن تعرضت للطي والتشوه والتحول الإقليمي لسحنة الشست الأخضر (شكل ٤٥). وقد ينتمي هذا الجرانيت إلى صحبة من أجسام الجرانيت الأحدث الموزعة في أنحاء متفرقة من الدرع، والتي يتميز البعض منها بثراء غير عاديّ في عناصر الثوريوم واليورانيوم



شكل (٤٥) أ - خريطة جيولوجية مبسطة لموقع تمعدن التنجستن في بدع الجملة .
ب - مقطع جيولوجي في بدع الجملة ، معدلة من Lofts (1982) .

والتنجستن والقصدير والروبيديوم والموليبدنم والليثيوم والفلورين (Lofts 1982) .

جيولوجية المنطقة : يوجد جرانيت بدايع الجَمال محقونا في تتابع من الصخور الرسوبية الفتاتية البحرية الترسيب رقيقة الطبقات، والتي يقل حجم حبيباتها في اتجاه أعلى التتابع، حيث تتراوح من الصخور الرملية إلى الصخور الطينية، وتتبع مجموعة مردمة. وهذه الصخور الرسوبية بركانية الأصل وتحتوي على تطبقات من الحجر الجيري ومن الرصيص الخشن وبعض فيوض الأنديزيت.

ينكشف جرانيت بدايع الجمال متناثرا في مساحة حوالي ٧٠٠م٢، ويبدو على هيئة جدة متوافقة (sill) يبلغ سمكها ٢٠ - ٣٠م، وتميل إلى الشمال الشرقي بزاوية بين ١٠ و ٢٠ْ تتداخل هذه الجدة في صخور المردمة الطينية التي تحولت جزئيًا إلى هورنفلس.

بينت أعمال الحفر بالمنطقة أن الجدة المنكشفة تتصل عن طريق بعض القواطع (dikes) الرأسية، بجدة متوافقة جرانيتية أخرى أو قلنسوة (cupola) أسفل منها.

من الناحية البترولوجية، يوصف جرانيت بدايع الجَمَال بأنه ميكروكلين، ألبيت - جرانيت بورفيري، حاوي للبيوتيت، ومعادنه الإضافية تشتمل على الفلوريت، وقليل من الأباتيت والسفين والزركون والروتيل والزينوتيم والمونازيت (Jackson 1986 b) .

يتحول الجرانيت إلى جريزن في المناطق المصاحبة لعروق الكوارتز والتغير السريسيتي، أما باقي الجرانيت (غير المتحول إلى جريزن) فتظهر فيه التغيرات السريسيتية فقط. يحل في مناطق الجريزن تجمع دقيق الحبيبات من السريسيت والكاولينيت والإيليت والكوارتز، محل الفلسبار، كما يتلاشى البيوتيت تاركا مكانه لتجمع من المسكوفيت والإلمنيت والروتيل والكوارتز والفلوريت (Lofts 1982) .

يوجد التورمالين والتوباز (وهي المعادن المميزة والمصاحبة لتمعدن القصدير والتنجستن في المناطق الأخرى) على هيئة حبيبات بالغة الصغر أمكن تعريفها فقط بالأشعة السينية.

يتركز التمعدن في عروق الكوارتز المتشعبة والتي تقطع الجرانيت وصخوره المضيفة المتحولة إلى هورنفلس، وتكون هذه العروق أكثر عدداً وأوسع سمكًا في الجرانيت، وكثيراً ما تتكون شبكة عريقات من تقاطع العروق أو حشودها. يتراوح

سمك هذه العروق بين ٥ و ٢٥ سم وتتجه عادة في اتجاه ١١٠° - ١١٥° من الشمال وتميل بزاوية حوالي ٧٥° إلى الجنوب، وأحيانا تستمر بعض العروق لمسافة تزيد على ١٠٠ م.

بالعروق فجوات وجيوب تدل على أنها ملأت فراغات سابقة، ولا يوجد أي دليل على تكسير هيدرولي مصاحب لتدخل العروق. تتكون هذه العروق من الكوارتز وقليل من الفلسبار القلوي مع وجود أو غياب البلاجيوكليز. وتتكون العروق القاطعة للهورنفلس من الكوارتز والفلسبار والفلوريت، ويحيط بها حواف من المسكوفيت. والمعادن الركازية الموجودة تشمل الولفراميت (wolframite) وقليلاً من الكاسيتريت (cassiterite) والشيليت (scheelite) وبعض الكبريتيدات كما توجد في صخور الجريزن المحيطة بالعروق بعض المعادن الركازية المنثورة ومنها الكاستيريت والأرزينوبيريت والبيروتيت والبيريت والكلكوسيت والكلكوبيرت والبورنيت والسفاليريت والجالينا والموليبدنيت، ونادرا الولفراميت (Lofts 1982).

يمكن التمييز بين جيلين من التمعدن. قام الأقدم منهما بإدخال الكوارتز والفلسبار والولفراميت والفلوريت بدون تغير في الجرانيت، أما الطور الثاني فيتكون من الكوارتز والمسكوفيت والفلوريت والولفراميت والكاسيتريت والكبريتيدات، وكان حدوثه متزامنا مع عملية الجرزنة (تحول الجرانيت إلى جريزن).

ويعتقد بأن عروق الرصاص - الزنك - الفضة الموجودة في المنطقة الشرقية من الموقع قد تكون متآصلة (comagmatic) مع العروق الحاملة للتنجستن الموصوفة هنا.

الاحتياطيات والرتبة : على أساس من نتائج الحفر بالدق أمكن تحديد احتياطي المنطقة حوالي ٨٠٠,٠٠٠ طن خام يحتوي على ما بين ٠,٠٩٠ و ٠,١١٧٪ WO_3 وما بين ٠,٠٠٧ و ٠,٠١٢٪ Sn وهذا لا يجعل الراسب اقتصاديا تحت الظروف الراهنة لكن الأمل في إثبات امتداد التمعدن إلى أعماق أبعد (Lofts 1982).

الموليبدنم Molybdenum (Mo)

اكتشف فلز الموليبدنم في حوالي ١٧٧٠م ولم يبدأ استخدامه إلا في عشرينيات هذا القرن.

والاستخدام الرئيس للفلز هو في تجهيز سبائك خاصة من الفولاذ تمتاز بالصلابة العالية ومقاومة للتآكل في درجات الحرارة العالية، لذا فاستعماله الرئيس في صناعة

الطائرات والسيارات ومعدات حفر البترول والمضخات والدروع والأسلحة وغيرها.

والموليبدنم فلز رمادي فضي، كثافته النوعية ١٠,٢جم/ سم٣ ودرجة انصهاره ٢٦٢٠م، قليل التمدد الحراري ومقاوم للأحماض والأكسدة في درجات الحرارة العادية وشديد التوصيل الكهربائي والحراري.

يبلغ الإنتاج العالمي من الموليبدنم حوالي ١٨٠,٠٠٠ طن سنويا (١٩٨٠م)، تنتج الولايات المتحدة ٦١٪ منها ويأتي الباقي من كندا وشيلي وروسيا وبيرو بصفة رئيسة. ويأتي حوالي ٩٥٪ من هذا الإنتاج العالمي من رواسب الموليبدنم البورفيري (porphyry (Mo) deposits) أو رواسب النحاس البورفيري التي يوجد بها الموليبدنيت كمعدن ثانوي (porphyry (Cu - Mo) deposits).

ويستخلص الفلز بصفة أساسية من المعدن موليبدنيت (molybdenite (MoS_2))، وإن كانت نسبة ضئيلة تأتي من معادن ولفينيت (wulfenite ($PbMoO_4$)) وفرّوموليبديت (ferromolybdite)، ويحتوي راسب كليماكس (Climax) بكولورادو، وهو أهم رواسبه في العالم، على نسبة ٠,٦ - ٠,٧٪ MoS_2 وتبلغ النسبة في رواسب النحاس البورفيري - حيث ينتج كناتج ثانوي - حوالي ٠,٠٣ - ٠,٠٤٪. أما في حالة الرواسب الصغيرة فيجب أن تتراوح النسبة ما بين ١ - ٣٪ MoS_2.

وهناك عدة أنواع من رواسب الموليبدنيت - أهمها من الناحية الاقتصادية هي:

١ - رواسب الموليبدنم البورفيرية (porphyry (Mo) deposits) مثل كليماكس.

٢ - رواسب التحول الميتاسوماتي في نطق التماس (contact metasomatic) كما في باين كريك - كليفورنيا.

٣ - عروق الكوارتز الحاملة للموليبدنيت (Mo-bearing quartz veins) كويستا - نيومكسيكو.

٤ - قواطع البجماتيت والأبليت (pegmatite & aplite dykes) موست ماين - كوبيك.

٥ - في الصخور الرسوبية، مثل رواسب الحجر الرملي من نوع راسب اليورانيوم في كلورادو مصاحبة لليورانيوم كما في كلورادو ونيومكسيكو.

الموليبدنم في المملكة العربية السعودية

١) جبل كرش Jabal Kirsh

اكتشف الموليبدنيت حديثا في جبل كرش بمنطقة النقرة، خط عرض ١٥ً ٢َ ٢٣ْ شمالا وخط طول ١٠ً ٤٤َ ٤٣ْ شرقًا (شكل ٣٣) حيث وجد الموليبدنيت المصاحب للبيريت منثورا في جدد بريشية قاطعة من الكوارتز والفلسبار البوتاسي، تَشغُل الشقوق والكسور في محقون جرانيتي أقدم. تأخذ هذه القواطع الحاملة للموليبدنيت إتجاه شمال ١٦٠ْ شرق وشمال ٥٠ْ شرق. هذا ويجاورها محقون فوق قلوي من الجرانيتات التالية للتّجبُّل (post-orogenic peralkalic granite body) , (Jackson 1986 a,b,c) .

٢) عبلـــة Ablah

يوجد الموليبدنيت كمكون ثانوي في أنبوب الفلوريت من تمعدن عبلة المعروف في إقليم عسير (شكل ٣٣)، حيث يصاحب الفلوريت وبعض النحاس والرصاص والزنك والفضة والبزموث والقصدير. وحجم الأنبوب صغير (٢٢ × ١٧م) ونسبة التمعدن به ضعيفة، وبالتالي فليست له أهمية اقتصادية في الوقت الحاضر.

٣) المشاحيد (المشاهيد) Al Mashaheed

تقع على خط عرض ٣٢ً ٩َ ٢٦ْ شمالاً وخط طول ٢٦ً ٢٥َ ٤٢ْ شرقًا وعلى بعد ١٤ كم شمال شرق جبل قطن شمال بلدة عقلة الصقور على طريق المدينة – القصيم الرئيس (شكل ٣٣).

تحتوي المنطقة التي مساحتها حوالي ٣ × ٥ كم على عدد من مواقع التمعدن القديمة (Smith and Samater 1984) .

تتبع صخور المنطقة متكون هدية من مجموعة المردمة، وتشتمل الصخور على الحجر الرملي الجيري الدقيق التحبب والحجر الجيري والغرين والجريواكي الناعم. تتحول هذه الصخور بالقرب من المحقونات إلى هورنفلس وأحيانا تخضع للجرنتة (granitization) . تتطبق بعض طفوحات البازلت مع الصخور الرسوبية في المنطقة وكلها متحولة إلى سحنة الشست الأخضر. هناك بعض محقونات الديوريت في المنطقة وهي تعطي أعماراً بين ٦٢٠ – ٦١٥ مليون سنة (Cole and Hedge 1985) .

التمعدن : يقطع الصخور الرسوبية والبركانية وكذلك المحقونات المحلية نوعان من التمعدن أولها تمعدن شبكي من الكوارتز موجود في تلة الكوارتز (quartz hill) التي تحتوي على قليل من تمعدن الموليبدنيت، والآخر عبارة عن عروق من كوارتز - ذهب - ستبنيت في صدوع تتجه شمال شرق.

يقطع التمعدن الأول (تلة الكوارتز) محقون جرانوديوريت بشكل واسع، وعروق الكوارتز هنا تكوّن شبكة يتراوح سمك العريقات فيها من ١ مم إلى نصف متر. يوجد تمعدن الموليبدينيت في رقائق معطية الكوارتز لونًا رماديًا مائلًا للزرقة.

أظهر التحليل الكيميائي أن نسبة الموليبدنم في الكوارتز حوالي ١٠٠ جزء في المليون (Smith and Samater 1984) ، أما تمعدن الذهب المصاحب للموليبدنم فهو غير منتظم فيعطي نتائج ١ جم / طن وهناك عينتان فقط أعطيتا ١٠ جم/ طن، و ٦ ,٣ جم / طن . لا يعتبر التمعدن اقتصاديا بوضعه الحاضر بالنسبة لكل من الموليبدنم وكذلك الذهب.

٤) السدارة Sidarah

وجدت بعض عروق الكوارتز الحاملة للموليبدنيت في الجزء الشمالي من محقون السدارة الجرانيتي (خط عرض ١٠َ ٢٤ْ شمالًا وخط طول ١٢َ ٣٩ْ شرقًا (شكل ٣٣) إلا أن صغر حجم هذه العروق وانخفاض محتواها من الموليبدنيت يستبعد أن تكون المنطقة ذات أهمية اقتصادية في الوقت الحاضر (Dairi 1987) و (Jackson 1986).

الڤاناديوم (Vanadium (V

الفاناديوم فلز حديث الاستخدام، ضروري للغاية في الصناعات الميتاليرجية حيث يضاف إلى الحديد لصناعة سبائك الصلب، المطلوبة لصناعة المحاور الدوارة والبستونات والمعدات الأخرى المتعرضة للصدمات والإجهاد بصفة مستمرة. أيضا، تضاف كميات قليلة من الفاناديوم إلى سبائك صلب الكروم، أو الموليبدنم، أو التنجستن، لتسهيل التخلص من الأكسجين والنيتروجين، وإكساب السبيكة تجانسا في حجم بلوراتها . وحديثا فتح المجال لاستخدام الفاناديوم كعامل محفز في الصناعات الكيميائية بدلا من البلاتين. وبالإضافة ، تستعمل كميات قليلة من الفلز في المفاعلات النووية، وصناعة الخزف والأصباغ وغيرها.

وإنتاج الفلز قليل في العالم ، وأهم الدول المنتجة هي الاتحاد السوفيتي (٤٠,٠٠٠ طن)، والولايات المتحدة (٣٠,٠٠٠ طن)، ثم جنوب إفريقيا وفنلندا وزيمبابوي.

وأهم المعادن الركازية للفاناديوم هي :

كارنوتيت Carnotite, $(K_2 (UO_2)_2 (VO_4)_2 . 3 H_2O)$

باترونيت Patronite (VS_4)

فانادينيت vanadinite $(Pb_5 (VO_4)_3 Cl)$

ديسكلوزيت descloizite $(PbZn (VO_4) (OH))$

رسكوليت roscoelite $(K (V, Al, Mg)_2 AlSi_3O_{10} (OH)_2)$

كُلسونيت coulsonite (FeV_2O_4) .

مونتروسيت montroseite $((V, Fe) O (OH))$.

ورغم وجود العديد من المعادن الحاملة للفاناديوم إلا أن معظم إنتاجه يأتى من رواسب لعناصر أخرى لا تحتوي على معادن خاصة بالفاناديوم.

يتركز الفاناديوم في الرواسب المعدنية الصهارية، خاصة تلك الحاوية على التيتانيوم، كما يوجد مصاحبا لليورانيوم في رواسب الحجر الرملي من نوع كولورادو. ويوجد بعض الفاناديوم في الرواسب الحرمائية الحاوية للفضة والرصاص والموليبدنم، كما يستخلص الفلز من رواسب الفوسفوريت في أيداهوويوتا بالولايات المتحدة.

الفاناديوم في المملكة العربية السعودية

سجل وجود الفاناديوم في منطقتين بالمملكة :

١) وادي خمال (كمال) – وادي خشيرمة حيث يصاحب الحديد التيتاني في معقد قاعدي فوق قاعدي متطبق (راجع وادي كمال مع رواسب الحديد).

٢) صقرة في النقرة ، إقليم ظلم، حيث وجد الفلز مصاحبا للسترنشيوم في جسم جوسان ربما يغطي بعض الرواسب الحرمائية.

الكوبلت Cobalt (Co)

الكوبلت أحد الفلزات النادرة قليلة الاستخدام، واستعماله الرئيس في تجهيز الكربيدات وأنواع الفولاذ اللازمة لصناعة المغناطيسيات الدائمة (يشكل هذا الغرض

٣٥٪ من استعمالات الفلز) والفولاذ القاطع والسبائك المقاومة للحرارة العالية وتلك المقاومة للتأكل والصدأ. وخاصية احتفاظه بمقاومة الإجهاد حتى في درجات الحرارة العالية تجعله مطلوبا للغاية في صناعة محركات الطائرات. ويستعمل بعض الكوبلت في إضفاء اللون الأزرق الجميل على بعض أنواع الزجاج والبلور والخزف، وكذلك يستعمل كعامل مساعد ومحفز في بعض التفاعلات الكيميائية.

ويصل الإنتاج العالمي من الكوبلت إلي حوالي ٢٠,٠٠٠ طن من الفلز سنويا يأتي معظمها من زائير وزامبيا والمغرب، وكذلك من كندا وفنلندا حيث يحصل عليه كمنتج جانبي من رواسب النحاس والنيكل والحديد المصاحبة للصخور القاعدية.

وأهم المعادن الركازية الحاملة للكوبلت هي:

كوبلتيت (cobaltite (CoAsS)) والكوبلت بنتلانديت (cobaltpentlandite) $(Co, Ni)_9S_8$ والمعدن الثانوي إريثريت (erythrite $(Co_3 (AsO_4)_2 . 8 H_2O)$.

الكوبلت في المملكة العربية السعودية

سجل وجود الكوبلت – على مستوى التحاليل الكيميائية – في منطقة شعيلية Shailia في إقليم ظلم بصحبة عروق حرمائية تحتوي على Sb, Au, Zn, Ni, Co. كما يوجد الكوبلت في طين منخفض أطلنطس الموجودة ضمن أجاجيات البحر الأحمر، بصحبة الزنك والنحاس والفضة والذهب والرصاص والكادميوم (راجع الموضوع في رواسب النحاس).

الفصل الرابع

الفلزات ضئيلة المقدار واللافلزات المصاحبة

Minor Metals and Related Nonmetals

■ التنتالم ■ النيوبيوم ■ التيتانيوم ■ العناصر الأرضية النادرة ■ اليورانيوم ■ الثوريوم ■ الزركونيوم ■ البريليوم ■ الليثيوم ■ المغنيسيوم ■ الأنتيمون ■ الزرنيخ ■ البزموث ■ الكادميوم ■ الزئبق

في هذا القسم نتناول عناصر النيوبيوم (Nb) ، التنتالم (Ta) التيتانيوم (Ti)، العناصر الأرضية النادرة (REE)، اليورانيوم (U)، الثوريوم (Th)، الزيركونيوم (Zr)، المغنيسيوم (Mg)، البريليوم (Be)، الأنتيمون (Sb)، الزرنيخ (As)، البزموث (Bi)، الليثيوم (Li)، الكادميوم (Cd)، والزئبق (Hg).

وهذه كلها تستخدم عادة بكميات صغيرة إلا أنها تلعب دورا لا يمكن الاستغناء عنه في الصناعة الحديثة، ويتزايد الدور هنا مع التقدم التكنولوجي وتوسع المجالات التي تتطلب سبائك ذات مواصفات خاصة، من الصعب أن تحققها الفلزات الشائعة بمفردها. فلا يمكن مثلا الاستغناء عن الأنتيمون في تجهيز حروف الطباعة، أو عن الزئبق في الأجهزة الكهربائية، وهكذا. وهنا نعرض لبعض من هذه وأهميتها بصفة عامة ثم وجودها في المملكة العربية السعودية، وعلى الرغم من أن الكثير منها لم يكتشف بعد، إلا أننا نعتقد بأهمية لفت الأنظار إليها والإشارة إلى المناطق التى وجدت بها هذه الفلزات بتركيزات شاذة تتجاوز التركيزات العادية في قشرة الأرض مرات عدة (شكل ٤٦). فربما أدى تكثيف البحث والاستكشاف فيها إلى العصور على بعض الرواسب ذات القيمة الاقتصادية بها (Drysdall *et. al.* 1984).

وجدير بالذكر هنا ، أن معظم هذه الفلزات يتم الحصول عليه كنواتج جانبية لعمليات استخلاص واحد أو آخر من الفلزات الأخرى الأكثر شيوعا، مثل الكادميوم الذي يحصل عليه من معالجة خامات الزنك، واليورانيوم الذي يمكن استخلاصه من رواسب الفوسفات.

التنتالم والنيوبيوم Tantalum (Ta) and Niobium (Nb)

التنتالم والنيوبيوم من الفلزات النادرة التي عرفت واستعملت فقط مع التقدم التكنولوجي المعاصر. وتتزايد أهميتها لاتساع مجالات استعمالها في الأغراض الميتاليرجية والصناعات الإلكترونية والنووية، حتى أن الإنتاج العالمي من الفلزين تضاعف ٧ مرات خلال عقد واحد فيما بين ١٩٦٠ و ١٩٧٠م.

ومعادن الفلزين متشابكة ، نظراً لأن لهما نفس الأقطار الأيونية ونفس التكافؤ. إلا أنه في بعض أنواع الصخور يسود أحدهما على الآخر ففي صخور الكربوناتيت (carbonatites) ، والنفلين سيانيت (nepheline syenite)، يسود النيوبيوم على التنتالم (٧ : ١ في كثير من الرواسب) . وأهم الصخور الحاوية للنيوبيوم والتنتالم هي المركبات السحيقية القلوية، وما قد يصحبها من صخور الكربوناتيت. ويحصل على بعض الإنتاج للفلزين من رواسب المراقد (placer deposits) كما قد توجد بعض التركيزات المهمة في صخور البجماتيت.

وهناك العديد من المعادن التي تحتوي على الفلزين على صورة أكاسيد وأكاسيد مركبة وهيدروكسيدات وأحيانا سليكات وبورات، ومن أهم معادنهما :

- كولمبيت – تنتاليت columbite - tantalite, ($(Fe, Mn) (Ta, Nb)_2O_6$)
- يوكزينيت euxenite, ($(Y, Ca, Ce, U, Th) (Nb, Ta, Ti)_2O_6$)
- فرجوسونيت fergusonite, ($Y NbO_4$)
- لَوباريت loparite, ($(Ce, Na Ca)_2 (Ti, Nb)_2O_6$)
- ميكروليت microlite, ($(Na, Ca)_2 Ta_2O_6 (OH, O, F)$)
- بيروكلور pyrochlore, ($(Na, Ca)_2 Nb_2O_6 (OH, F)$)

يوجد بالبرازيل أكبر احتياطيات العالم من النيوبيوم (حوالي ٣٠٠ مليون طن بها ٩,٠٠٠,٠٠٠ طن (Nb_2O_5)) وتأتي بعدها إفريقيا (أوغندا – نيجيريا– كينيا وزائير)

ثم كندا التي قدر ما بها بحوالي ٢ مليون طن (Nb_2O_5) ، في كربوناتيت أوكا (Oka) وسانت هونوري، وكل هذه الاحتياطيات موجودة في مركبات الصخور السحيقية القلوية والكربوناتيت المصاحبة لها . وأهم رواسب المراقد الحاوية للفلزين هي الموجودة في بيرفالي (Bear Valley) بإيداهو بالولايات المتحدة والتي أنتج منها أكثر من مليون طن من أكاسيد النيوبيوم والتنتالم خلال ٤ سنوات .

النيوبيوم والتنتالم في المملكة العربية السعودية

اكتشفت تركيزات عالية من النيوبيوم و/ أو التنتالم في مواقع عدة بالمملكة خلال السنوات الأخيرة (شكل ٤٦) وأجريت على بعضها أعمال الحفر والتقييم وتقدير الاحتياطيات إلا أن أيًا منها لا يمكن اعتباره اقتصاديا حتى الآن، وأهم هذه المواقع هي :

١) القُرَيَّة (الغُرَيَّة) Ghurayyah

تقع هذه عند تقاطع خط عرض ٢٥ً ٥٥َ ٢٧ْ شمالًا وخط طول ٥٠ً ٤٧َ ٣٥ْ شرقًا قريبة من رواسب الحديد بوادي صواوين (شكل ٤٦) .

ويوجد هنا محقون صغير من الجرانيت القلوي الحاوي للربيكيت (riebeckite) والإيجرين aegirine، يبلغ قطره حوالي ٩٠٠ متر . محقون في متكون السليسية (حجر رملي ، طفال، رصيص، جاسبيليت، وكلها بركانية رسوبية الأصل) . ولهذا المحقون نشاط إشعاعي ويحتوي على تركيزات شاذة من Sn, Zr, Y, U, Ta, Nb .

تابع شكل ٤٦ – مواقع الفلزات ضئيلة المقدار واللافلزات المصاحبة .

النيوبيوم والتنتالم :

١ – الغرية
٢ – جبل صايد
٣ – جبل طاولة

التيتانيوم :

٤ – جبل المجاردة (لقطة)
٥ – وادي خمال
٦ – بئر نبط
٧ – وادي حيان

العناصر الأرضية النادرة :

٨ – جبل الأحمر
٩ – حقبان
١٠ – ليبت
١١ – يعـلا
١٢ – وقـد
١٣ – وادي مرشه
١٤ – أم البرك
١٥ – جبل الحمراء
١٦ – جبل أبو الدود
١٧ – جبل اليوب
١٨ – جبل باغم

اليورانيوم :

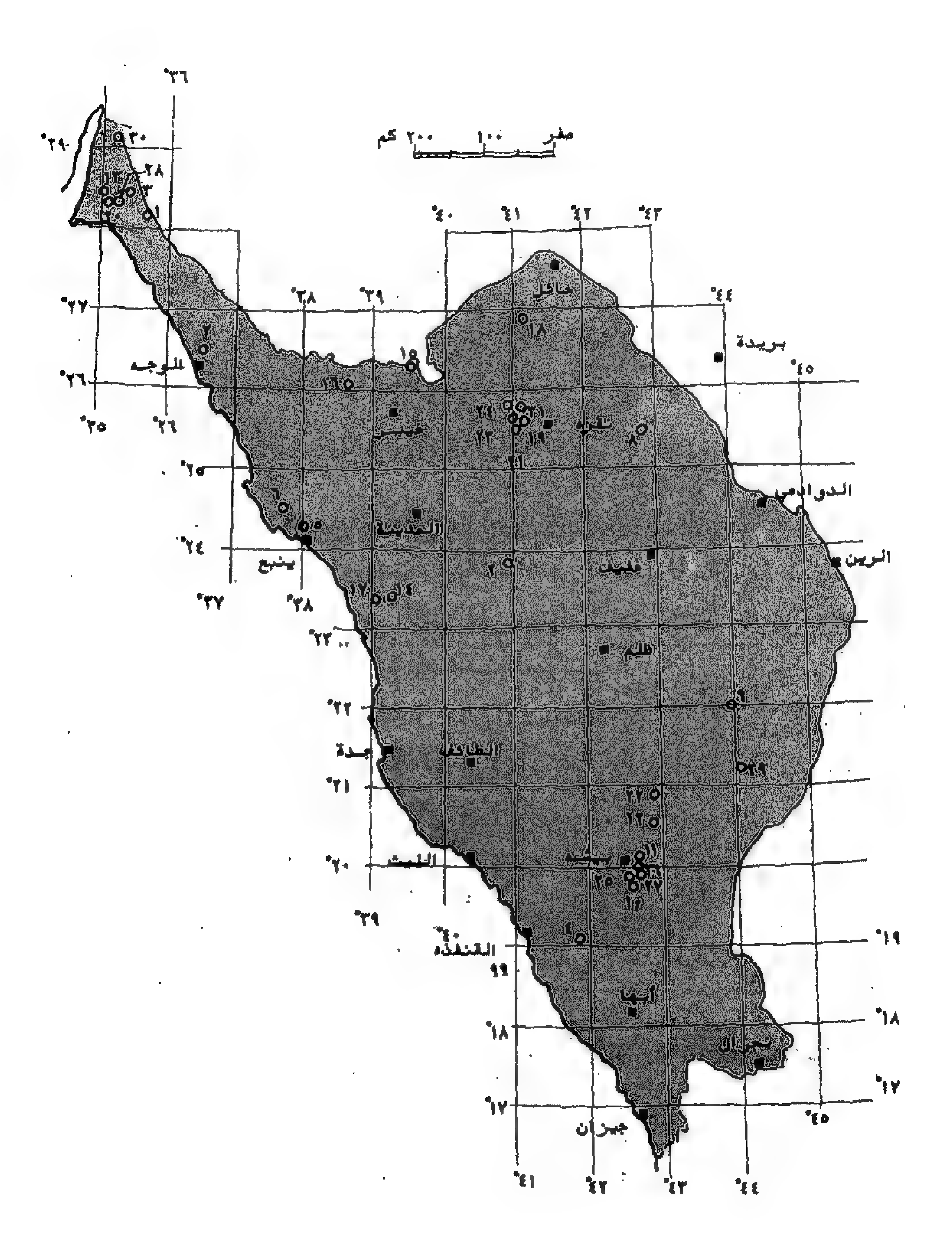
١٩ – جبل أبو حيالة
٢٠ – جبل الزهد

الثوريوم :

٢١ – جبل كوارة
٢٢ – جبل الطوالة
٢٣ – جبل الربد
٢٤ – جبل عوجة

البريليوم :

٢٥ – الدمـة
٢٦ – بيـة
٢٧ – سراه بيشة
٢٨ – راوة
٢٩ – جبل طربان
٣٠ – الرتامة
٣١ – النمّار



شكل (٤٦) خريطة توضح مواقع تمعدن الفلزات ضئيلة المقدار واللافلزات المصاحبة في المملكة العربية السعودية .

دلت الدراسات التفصيلية على وجود مجموعة من المعادن الركازية منثورة بتجانس كمعادن إضافية في الجرانيت تشمل الزيركون والكولمبيت - تنتاليت واليورانينيت والمونازيت وربما الكاسيتريت. كما دلت التقديرات على وجود ٤٤٠ مليون طن من خام يحتوي على التركيزات الآتية :

٠,٢٣ ٪ Nb ، ٠,٧٥ ٪ Zr ، ٠,٠٢ ٪ Sn ، ٠,١٥ ٪ U ، ٠,١٠٥ ٪ Y ، و ٠,٠٢٥ ٪ REE .

والمشكلة في هذا الراسب المعدني ، هي الصغر المتناهي لحجم حبيبات المعادن الركازية ، مما يصعب عملية فصلها ويقلل من العائد المستخلص منها (Qadi 1990) .

٢) جبل صايد Jabal Sayid Granite

في نطاق بجماتيتي مشع مصاحب لطور الجرانيت الريبكيتي (riebeckite granite) من مركب جبل صايد (شكل ٤٧) وجدت تركيزات شاذة من العناصر (REE, Ti, Ta, Nb, U) ودلت الدراسات ونتائج الحفر اللبي الماسي على احتواء البجماتيت التحوالي (meta-somatic replacement pegmatite) المصاحب للجرانيت الريبكيتي على مجموعة من المعادن الركازية المنثورة تشتمل على الألانيت (allanite)، البيروكلور (pyrochlore) والسرتوليت cyrtolite (وهو نوع مشع من الزيركون)، والزينوتيم، والمونازيت. وقدرت الاحتياطيات بحوالي ٢,٢ مليون طن تحتوي على :

٠,٢ - ٠,٣ ٪ Nb_2O_5 ، ٠,٠٣ - ٠,٠٥ ٪ U_3O_8 ، ٠,٥ - ١٪ Y_2O_5 ، ٢-٢,٥ ٪ $Zr O_2$.

أما بالنسبة للعناصر الأرضية النادرة فيبلغ إجمالي الاحتياطيات في جبل صايد حوالي ٨١ مليون طن :

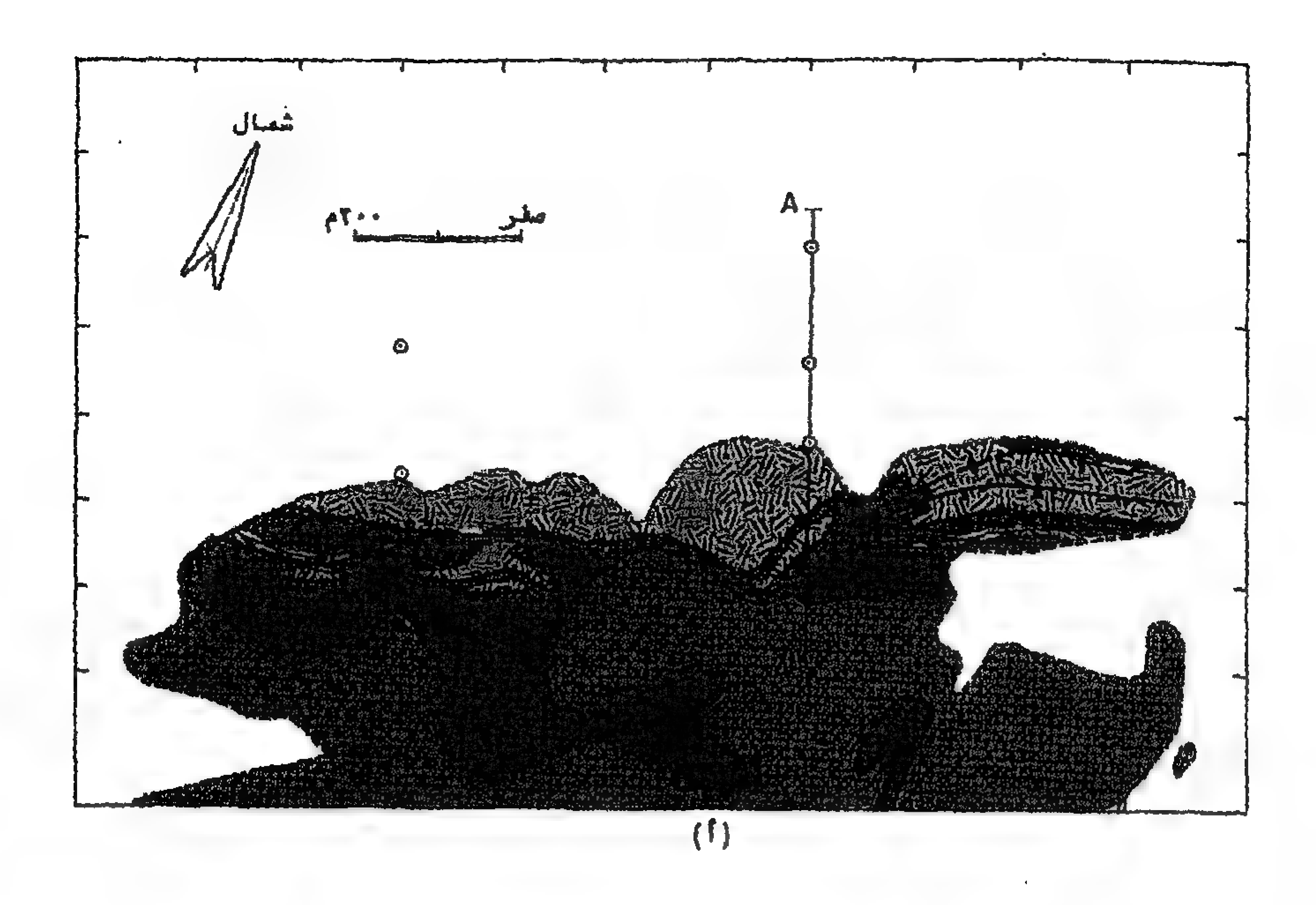
٥٨ مليون طن منها تحتوي على العناصر الأرضية النادرة الآتية مقدرة بالجزء في المليون:

Zr	Y	U	Th	Ta	Sr	Nb	La	Ce
١٨٠٠٠٢	٣٣٢٠	٩٠	٦٣٠	٧٠	١٧٠	١٠٨٠	٤٥٠	١٠٤٠

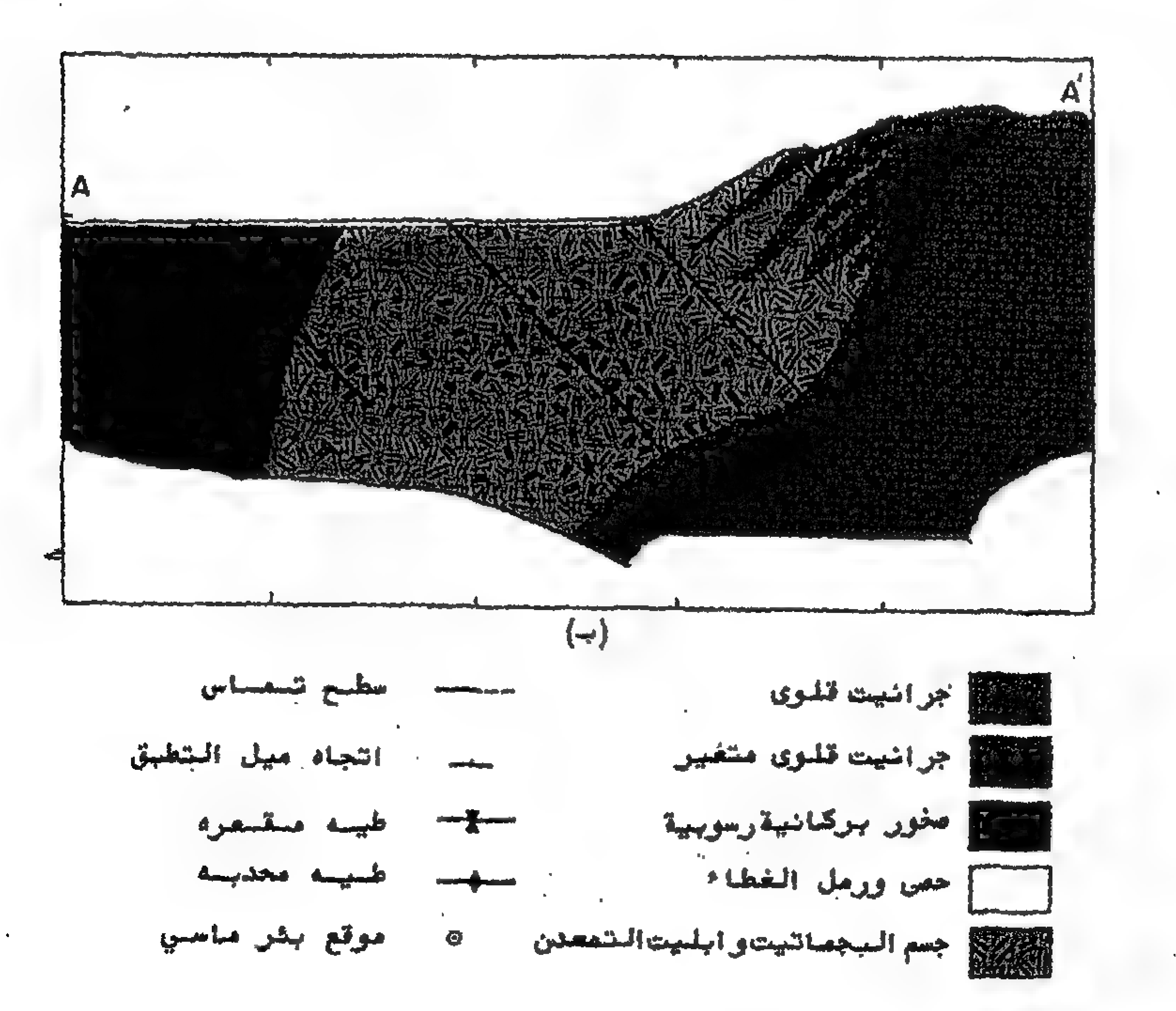
والـ٢٣ مليون طن العليا تحتوي على :

Zr	Y	U	Th	Ta	Sr	Nb	La	Ce
٧٠٠٠	٤١٥٠	١٣٠	٨٣٠	٨٠	٢٠٠	١٢٩٠	٥٩٠	١٣٠٠

جزء في المليون



(أ)



شكل (٤٧) أ - خريطة جيولوجية لجسم البجماتيت - ابليت المشع في جبل صايد .
ب - مقطع جيولوجي عبر ثلاث آبار مائلة في نطاق التمعدن المشع . محدلة من Hacket (1985).

وقد قام هاكيت (Hacket 1985) و ستاتز وبراونفيلد (Staatz and Brownfield 1984) بدراسة معدنية لهذا الخام ووجدوا ان المعادن الرئيسة التى تحتوي على العناصر الأرضية النادرة فيه هي :

باستنيزيت (bastnaesite) ودوفيريت (doverite) مع المونازيت (monazite) وسنشيزيت (synchysite) في حين يوجد النيوبيوم ونسبة كبيرة من السيلينيوم واللانثانوم في معدن البايروكلور (pyrochlore) . أما الثوريوم فموجود في معدن الثوريت (thorite) والثوريانيت (thorianite) .

٣) جبل طاولة Jabal Tawlah

عند تقاطع خط عرض ٢٠ ْ ١٤ َ ٢٨ ً شمالا وخط طول ٢١ ْ ٢٣ َ ٣٥ ً شرقا (شكل ٤٦) اكتشفت جدة متوافقة مركبة (composite sill) من الميكروجرانيت محقونة في بركانيات قديمة متحولة . يصاحب هذه الجدة المركبة نشاط إشعاعي ملحوظ وتركيزات شاذة من Zr, Y, REE, Nb . كما صاحبها عمليات تغير شديدة على حد تماسها مع البركانيات ، حيث حولتها في نطاق التغير إلى ما يشبه الجرانيت .

وقُدر ما تحويه المنطقة بحوالي ٦,٤ مليون طن بها التركيزات الآتية (Drysdall and Douch 1985) :

٣,٠٪ Nb ، ٥,٠٪ Y ، ٠,٠٠٢٪ La ، ٠,٠١٪ Ce ، ٠,٠٢٪ Ta ، ٠,٠٧٪ Th ، ٠,٠٤٪ Sn و ٠,٠٠٠٨٪ U .

بالإضافة إلى هذه المناطق السابق عرضها ، سجل وجود النيوبيوم والتنتالم في صورة شاذات جيوكيميائية مهمة في كثير من الأماكن الأخرى بالدرع العربي ، خاصة بصحبة الجرانيتات القلوية التالية للتجبل . ومن أهم هذه المناطق نذكر :

جبل صبحة	(Jabal Sabhah)	بالدوادمي	Zr, Y, Nb
جبل دحول	(Jabal Dahul)	في ظلم	W, Mo, Ta, Sn
جبل مشوش	(Jabal Mashush)	في ظلم	Mo, Ta, Sn
جبل أم سقيان	(Jabal Um Suqian)	في عسير	Sn, Ta, Nb

التيتانيوم (Titanium (Ti

التيتانيوم فلز شائع في كثير من الصخور النارية ، حيث يكون المعدنين إلمنيت ،

وروتيل، معادن إضافية بها . إلا أنه نادراً ما يتركز لدرجة تسمح باستغلاله اقتصاديا، ومن هنا كانت ندرة رواسبه في الطبيعة. كما أن الفلز شائع كشوائب في المجنيتيت، لكن ذلك يؤدي إلى عدم مناسبة هذا الأخير كخام للحديد لصعوبة الفصل بين الفلزين.

واستخدامات التيتانيوم حديثة، إلا أن هناك أملاً في أن يكون فلز المستقبل لتزايد الطلب عليه لتجهيز أشد الدهانات بياضا واستعماله في صناعة الخزفيات والزجاج والأسنان الصناعية ودباغة الجلود والمنسوجات بالإضافة إلى أهميته المتاليرجية في صناعة سبائك الصلب التي تتحمل السرعات العالية، كما تصنع منه أقطاب الأقواس الكهربية. يقاوم التيتانيوم التآكل والصدأ في الماء الملح أفضل كثيرا من الصلب الذي لا يصدأ. وتعتبر الولايات المتحدة الأمريكية المستهلك الأول للفلز حيث تجاوز استهلاكها منه ٠٠٠, ٧٥ طن في العام (١٩٨٠ م).

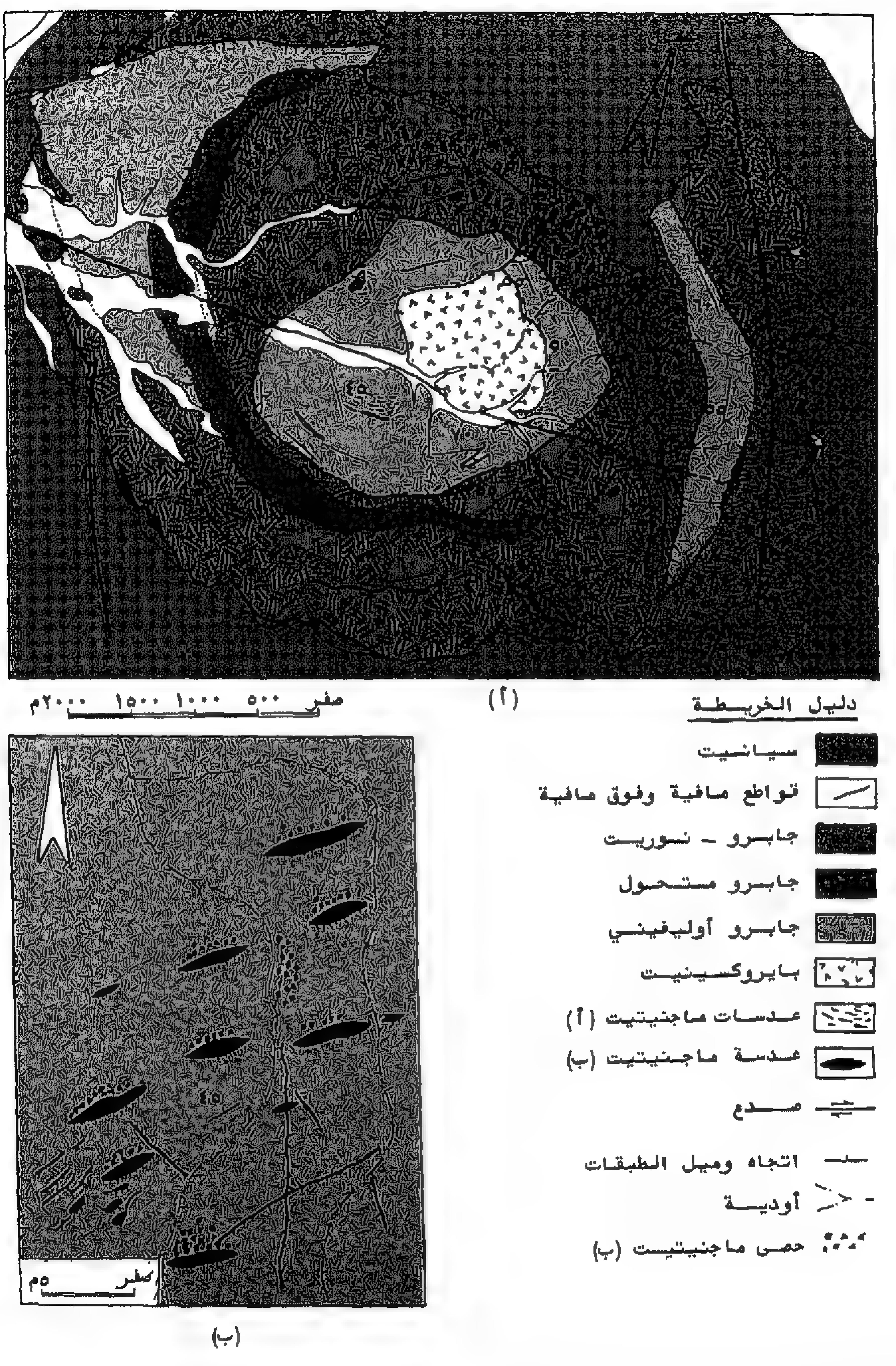
ينتج الفلز من الروتيل (rutile , TiO_2) الموجود في رواسب المراقد الشاطئية (beach placers) (الرمال السوداء) والتي تنتج أستراليا حوالي ٨٨٪ من إنتاج العالم منه، ومن الإلمنيت (ilmenite, $FeTiO_3$) الذي تمتلك كندا أكبر احتياطياته، تليها الولايات المتحدة. وأهم رواسب الإلمنيت هي المصاحبة لصخور الأنورثوزيت (anorthosites) في المحقونات القاعدية وفوق القاعدية كما في آلاردليك (كندا) و بوشفيلد (جنوب أفريقيا). كما يوجد الإلمنيت في صخور الأنورثوزيت المتحولة كما في جبال إلمن (Ilmen) (الأورال) وتاهاواس (ولاية نيويورك).

التيتانيوم في المملكة العربية السعودية

على الرغم من وجود عدد كبير من المحقونات القاعدية - فوق القاعدية المتطبقة بالمملكة واحتواء عدد منها على صخور الجابرو الحاوية للمجنيتيت التيتاني إلا أنه لم يثبت حتى الآن وجود كميات ذات قيمة اقتصادية أو رتبة مرتفعة في أي منها وأهم مناطق وجود رواسب التيتانيوم بالمملكة هي :

١) المجاردة (لقطة) Al Majarda (Lakathah)

يوجد محقون المجاردة القاعدي - فوق القاعدي المتطبق عند تقاطع خط عرض ١٩° ٨َ ٤٨ً شمالا وخط طول ٤١° ٥٦َ ٣٠ً شرقا ويحيط به قاطع حلقي من السيانيت



شكل (٤٨) أ - خريطة جيولوجية لمعقد المجاردة الحلقي .

ب - خريطة مفصلة لمواقع تمعدن المجنيتيت التيتاني في جبل جمّا في المعقد، معدلة من Al - Koulak (1985) .

(شكل ٤٧ و ٤٨). وفي لب هذا المحقون يوجد المجنيتيت التيتاني على هيئة عدسات وعروق أو على صورة منثورة في صخور الأنورثوزيت.

قدرت الاحتياطيات بحوالي ١٧٥ مليون طن إلى عمق ١٠٠م تحتوي على ٢,٦٪ TiO_2 ومن الواضح أن هذه الرتبة منخفضة لدرجة لا تشجع على استئناف الاستكشاف في هذا المحقون (Al-Koulak 1985 وMartin *et al.* 1979 و Bayly 1972).

٢) وادي خمال (كمال) Wadi Khumal

في منطقة وادي كمال (خمال) حول تقاطع خط عرض ٢٤ ٢٤ شمالا وخط طول ٥٠ ٣٧ شرقا (شكل ٣٦) يوجد محقون متطبق كبير قاعدي وفوق قاعدي يتداخل في صخور مجموعة فارع، ويحتوي على نوعين من التمعدن: Cu - Ni ويصاحب الصخور القاعدية مبكرة التكوين و Ti - Fe مصاحبًا الأطوار الأكثر تفاصلا والمتأخرة التكوين في المحقون. يوجد صحبة الإلمنيت - مجنيتيت - تيتانومجنيتيت على هيئة منثورة أو شبه كتلية (submassive) في وحدات من الجابرو دقيق التحبب داخل جسم من الأنورثوزيت والاحتياطيات قليلة والرتبة منخفضة (Chevremont 1982 ، Chevremont and Johan 1981 ، Alabouvette and Pellaton 1975).

٣) بير نبط Bir Nabt

يقع محقون نبط على خط عرض ٢١ ٢٤ شمالا وخط طول ٤٨ ٣٧ شرقا (أي يمكن اعتباره جزءاً من محقون وادي خمال). وهنا يوجد الإلمنيت منثورا في قواطع من البيروكسينيت والأمفيبول جابرو التي تقطع المحقون المتطبق. ورتبة الخام منخفضة وكمياته محدودة (Chevremont and Johan 1981 ، Pellaton 1975).

٤) وادي حيان Wadi Hayyan

توجد بعض عدسات المجنيتيت التيتاني في معقد قاعدي - فوق قاعدي متطبق بوادي حيان - وادي قبقب، والعدسات ممتدة متوافقة مع تطبق المحقون (شكل ٣٥)، وتحتوي على ٣٪ إلى ٦٪ تيتانيوم ومن ٢٥ إلى ٣٤٪ حديد، وهي نسبة منخفضة بالنسبة للتيتانيوم بالإضافة إلى قلة حجم الاحتياطيات (Igarashi 1970) (راجع وادي حيان في رواسب الحديد في هذا الكتاب لتفصيلات أكثر).

العناصر الأرضية النادرة Rare Earth Elements (REE)

تضم هذه المجموعة ١٧ عنصرا فلزيا تتشابه لدرجة كبيرة في خواصها الكيميائية، وهي ليست أرضية وكثير منها ليس نادراً ومع ذلك جمعت كلها في هذه المجموعة الواحدة.

وتوجد هذه العناصر عادة متصاحبة في مجموعات تضم المجموعة منها من ٤ إلى ٨ عناصر في المعدن الواحد، وتصاحب معادنها صخورالكربوناتيت بصفة خاصة وأحيانا الجرانيتات القلوية، خاصة تلك التي تعرضت لعمليات إثراء تحوالي (metasomatic enrichment) بفعل المتطايرات الغنية بالفلورين وثاني أكسيد الكربون.

وأهم مصادر هذه العناصر المعروفة حاليا هو كربوناتيت مونتين باس (Mountain pass) في كاليفورنيا، وأهم المعادن الموجودة به هو معدن الباستنيسيت (bastnaesite) وتركيبه $RF\ CO_3$ حيث تمثل R عدداً من عناصر المجموعة، أساسا السيريوم (cerium (Ce) ، لانثانم ((lanthanum (La))، نيوديميوم ((neodymium (Nd) ، برازيديميوم ((praseodymium (Pr) وكميات أقل من السماريوم ((samarium (Sm) ، جادولينيوم (gadolinium (Gd ، ويوروبيوم (europium (Eu ويزيد حجم الجزء الحاوي للعناصر الأرضية النادرة في كربوناتيت مونتين باس عن ٦٠٠م طولا و١٢٠م عرضا و١٠٠م عمقا، ويحتوي الطن من الخام على حوالي ٦٠ كيلو جرام من الفلزات الأرضية النادرة، نصفها من السيزيوم (cērium). ولهذه العناصر أهمية فائقة في الصناعات الحديثة والمتخصصة (علوم الفضاء والحاسبات الآلية والمفاعلات النووية) ويتزايد احتياج العالم لها والطلب عليها مع تقدم العلوم والتكنولوجيا.

العناصر الأرضية النادرة في المملكة العربية السعودية

لم تكتشف أي محقونات من الكربوناتيت في المملكة حتى الآن، وهي تمثل أفضل الصخور لاحتواء هذه العناصر، فيظل وجودها قاصرا على أطوار معينة من محقونات الجرانيت القلوي (Ramsay *et al.* 1986 و Ramsay 1986 و Jackson 1986 و Jackson and Douch 1985 و Kellog and Smith 1986 و Ramsay 1982). وقد سنجل وجودها بكميات شاذة جيوكيميائيا في كثير من هذه المحقونات وأهمها

(شكل ٤٦).

- محقون الغرية AlGhurayyah
- محقون جبل صايد Jabal Sayid
- محقون جبل طاوله Jabal Tawlah

وهذه المناطق الثلاث سبق وصفها عند تناول النيوبيوم والتنتالم ، وبالإضافة سجلت أيضا العناصر الأرضية النادرة في المناطق التالية :

- **منطقة ظلم**
  - جبل الأحمر (Jabal Al Ahmar) :F, Y, La, Nb
  - جرانيت حقبان (Huqban) : W, U, Th, Ta, Sn, Nb, Ce
  - جبل أبو جبق (Abu Gobbaq) : Y
- **منطقة عسير**
  - جرانيت ليبت (Libt) : Ta, Sn, Nb, Mo, Li, F, Ce
  - جرانيت جبل يعلا (Yaala) : Th, Ta, Sn, Nb, Li, F, Ce
  - قواطع وقد (Waqad) : Ta, Nb, Mo, Li, La, F, Ce
- **منطقة مدين**
  - وادي مرشة (Marshah) : Li, Mo, W, Sn, Zn, Zr, La
- **منطقة المدينة**
  - أم البرك (Um Al Birak) : Sn, Th, Ce, La, Y, Zr, Nb
  - جبل الحمراء (Al Hamra) : Sn, Zr, Nb, Y, Ce, La
  - جبل أبو الدود (Abu Ad Dud) : Ta, Sn, Th, Nb, La, Ce
  - جبل اليوب (Al Yoob) : Zr , Th, Y, Sn, La, Ce
- **منطقة حائل**
  - جبل باغم (Bagham) : REE
  - نقبين (Naqbein) : REE, Nb, Th
  - قفار (Qufar) : REE, Nb, Th

اليورانيوم (U) Uranium

اليورانيوم فلز أبيض ثقيل يتكون من ثلاثة نظائر مشعة هي ^{235}U ويكون نسبة

٠,٠٠٥٪ من اليورانيوم الطبيعي، ^{234}U ويكون نسبة ٠,٧٪ و ^{238}U ويكون ٩٩,٣٪.

تنشطر ذرة اليورانيوم ^{235}U مطلقة كمية هائلة من الطاقة، أما اليورانيوم ^{238}U فغير قابل للانشطار بسهولة ولكن يمكن إخصابه بتعريضه لتيار متسارع من النيوترونات فيتحول إلى بلوتونيوم ٢٣٩ والذي ينشطر معطيا الطاقة مثله مثل ^{235}U .

لذا يستخدم اليورانيوم حاليا كمصدر لكميات هائلة من الطاقة في المفاعلات النووية للأغراض السلمية، وفي القنابل النووية للأغراض العسكرية ، كما يستخدم حاليا في المدمرات والغواصات وغيرها . إلا أن استعمال اليورانيوم في هذه الأغراض له تأثير مدمر على البيئة حيث يسبب تلوثا إشعاعيا مالم تتخذ الاحتياطات الواجبة . والتخلص من النفايات الذرية للمفاعلات النووية من أهم المشكلات المعاصرة وتشكل العقبة الرئيسة أمام التوسع في استخدام اليورانيوم في هذه الأغراض .

يوجد اليورانيوم أساسا في الصخور الفلسية حيث يكوّن معادنه الخاصة مثل يوارنينيت (uraninite (UO_2)) ، في قواطع البجماتيت، أو يكوّن بعض المعادن الإضافية المتنشرة في الصخر . وعند تعرض الجرانيت لعوامل التعرية يتأكسد اليورانيوم ويتحول من حالة U^{+4} الصلبة إلى الحالة U^{+6} القابلة للذوبان في الماء ، وينتقل مع الماء حتى يصادف بيئة مختزلة - طبقات حاوية للمواد العضوية في تتابع من الصخور الرملية ، كما في حالة هضبة كلورادو - يختزل اليورانيوم مرة أخرى ويعود إلى حالة U^{+4} ليترسب على هيئة لفافات (rolls) داخل الطبقات . وأحيانا تتفكك حبيبات اليورانينيت وتنقل مع الماء الجاري لتترسب مع طبقات الرصيص على هيئة رواسب مراقد (placer deposits) مع بعض الذهب، كما في راسب وِتواترزراند (Witwatersrand) في جنوب أفريقيا .

توجد بعض رواسب اليورانيوم على هيئة عروق أو قواطع ، كما توجد تركيزات من اليورانيوم في صخور الفوسفوريت حيث يحل الفلز محل بعض الكالسيوم في معدن الكلوراباتيت (chlorapatite $Ca_5(PO_4)_3Cl$) .

اليورانيوم في المملكة العربية السعودية

سجلت الكثير من الشاذات الإشعاعية في المملكة، يصاحب معظمها محقونات الجرانيت الأحدث التالي للتجبل، خاصة أطواره المتمعدنة والحاوية للعناصر الأرضية

النادرة والنيوبيوم والتنتالم والقصدير وغيرها. وأهم المناطق التي سجل بها وجود عنصر اليورانيوم بكميات أكبر كثيراً من خلفيته الجيوكيميائية هي المناطق الآتية (شكل ٤٦):

- الغرية (Al-Ghurayyah)
- جبل صايد (Jabal Sayid)
- جبل طاولة (Jabal Tawlah)

وهذه المناطق الثلاث سبق الكلام عنها عند دراسة النيوبيوم والتنتالم، وبالإضافة إليها سُجل وجود اليورانيوم في المناطق الآتية:

- جبل نطاق ((Jabal Netag (Hentag)) : U, Th
- جبل أبو حيالة (Abu Hayyalah) :Th, U
- والمنطقتين قريبتين من النقرة في إقليم ظلم
- جبل الزهد - شمال إقليم مدين. (Al-Fotawi 1989 و Ramsay 1986 و Jackson 1986b و Delfour 1975) .

ومما هو جدير بالذكر هنا، أن رواسب الفوسفوريت المكتشفة في مناطق سرحان وطريف، تحتوي على آثار من اليورانيوم قد يمكن استخلاصها منها إذا ما تقرر تصنيع هذه الرواسب واستغلالها في تجهيز حمض الفوسفوريك والأسمدة الفوسفورية.

الثوريوم (Thorium (Th

الثوريوم أحد الفلزات الثقيلة، إذ يبلغ وزنه الذري ٢٣٢ وبعض نظائره غير ثابتة، إذ يحدث بها اضمحلال نووي حتى تنتهي إلى رصاص ٢٠٨.

ويستعمل الثوريوم في صناعة فتائل الإضاءة في مصابيح الغاز والكيروسين، كما يضاف الفلز إلى المغنيسيوم لإضفاء بعض الصلابة عليه وإنتاج سبائك صلبة تحتوي على ٢ إلى ٣٪ ثوريوم. كما أن إضافة القليل من أكسيد الثوريوم إلى فلزات أخرى مثل النيكل والتنجستن يزيد من قوتها ومقاومتها للتآكل.

وفي مجال الطاقة النووية، يُضرب الثوريوم - ٢٣٢ بالنيوترونات البطيئة في المفاعلات النووية ليتحول إلى الثوريوم - ٢٣٣ القابل للانشطار والمناسب للاستخدام في المولدات النووية، وهناك فعلا بعض المفاعلات التي تستخدم هذه الطريقة كمولد بلا تفيل (Platteville) في كولورادو بالولايات المتحدة. وحتى يكون الثوريوم صالحا

لهذا الغرض لابد أن يكون الثوريوم (أو أكسيده الثوريا) نقيا بدرجة ٩٩,٩٪ على الأقل، وأن يحتوي على أقل من ١ جزء في المليون من أي من العناصر كادميوم، ديسبروسيوم، يوروبيوم، جادولينيم، وسماريوم وذلك لقدرة هذه العناصر على امتصاص النيوترونات التي يضرب بها الثوريوم، وبالتالي منع تحول النظير ٢٣٢ إلى النظير ٢٣٣.

وأهم مصادر الثوريوم هي المعدن ثوريت (thorite (ThO_2)) والذي يوجد إما في عروق حرمائية أو منثوراً في بعض المحقونات القلوية كما في إيرن هيل - كولورادو، إلا أن أهم مصادره هي معادن المونازيت والبرانيريت الموجودة في رواسب المراقد (placers) الحصوية الميكانيكية كما في إستراليا والهند والبرازيل وماليزيا والاتحاد السوفيتي.

ومن المتوقع أن يصل الاحتياج العالمي إلى حوالي ٧٧٠ طن من الثوريوم في العام ٢٠٠٠، ما لم يتم التوسع في استخدامه في توليد الطاقة النووية، يخصص منها أقل من ٣٠٠ طن لصناعة الفتائل وسبائك المغنيسيوم.

الثوريوم في المملكة العربية السعودية

سجل وجود الثوريوم كشاذة جيوكيميائية في عدد من المناطق أهمها (شكل ٤٦):

- جبل كوارة، جبل الطوالة، جبل أبو حيالة، جبل الربد في منطقة النقرة بإقليم ظلم حيث يصاحب وجود معدن الزركون.
- بجماتيت جبل صايد المشع بصحبة يورانيوم ونيوبيوم وتنتالم.
- جبل عوجة بمنطقة الحليفة بإقليم ظلم حيث يصاحب معدن الزركون.
- منطقة النقبين والكفار في حايل، مع نيوبيوم وعناصر أرضية نادرة.

(Ramsay 1986 و Jackson 1986 و Drysdall and Douch 1985 و Delfour 1975)

الزركونيوم (Zirconium (Zr

عرف معدن الزركون واستعمل كحجر شبه كريم منذ القدم، وحديثا جداً أثبت الفلز زركونيوم حضوره في مجالات الصناعة خاصة في المفاعلات النووية والصناعات الكيميائية المتقدمة.

وأكسيد الزركونيوم (زركونيا)، واحد من أفضل المواد مقاومة للحرارة، لذا يستعمل في صناعة الجفنات وأجهزة المعامل وتبطين الأفران، كما يستعمل في مجالات عديدة مختلفة: كمادة عازلة للكهرباء والحرارة، فتائل الإنارة بالغاز، مادة صاقلة، صناعة الأحبار البيضاء ودهانات السيارات. ويستعمل الفلز في المعدات الإلكترونية والمكثفات الكهربية ومرشحات الأشعة السينية، وكذلك يدخل مع الحديد في صناعة السبائك اللازمة للدروع والقذائف، ومع النيكل في صناعة آلات القطع الحادة، ومع النحاس لإعطائه مقاومة للحرارة والإجهاد.

والمعادن الاقتصادية للزركونوم هي الزركون $Zr\,SiO_4$ (zircon) والباديلييت ZrO_2 (baddeleyite). والزركون معدن إضافي شائع في الكثير من الصخور النارية، ويتركز بسهولة في رواسب المراقد بعد تفكك الصخر الحاوي له، ويحصل على احتياج العالم منه (أكثر قليلا من مليون طن) من هذا المصدر. أما الباديلييت فمعروف فقط في رواسب المراقد الشاطئية للبرازيل. وأهم الدول المنتجة للزركونيوم إستراليا، وتأتي كميات قليلة نسبيا من الزركون من البرازيل وتايلاند والولايات المتحدة.

الزركونيوم في المملكة العربية السعودية

يوجد المعدن زركون في كثير من الصخور النارية بتركيزات قليلة، إلا أنه في بعض حالات الجرانيتات المتمعدنة (خاصة بالفلزات صخرية الميل (lithophile)) يوجد الزركون بنسب معقولة وأهم المناطق التي وجد بها الزركون هي (شكل ٤٦):

- جبل صايد ومحقون الغرية وقد سبق الحديث عنهما .
- جبل عوجه بمنطقة النقرة، إقليم ظلم : Th, Zr
- جبل كوارة بمنطقة ظلم : Th, Zr
- جبل الطوالة بمنطقة النقرة ، إقليم ظلم : Th, Zr
- جبل الربد بمنطقة ظلم : Th, Zr
- جبل الردادي بمنطقة ظلم : Ba, Zr
- أم البرك بمنطقة المدينة : Sn, Th, Ce, La, Y, Zr, Nb
- المسايل بمنطقة مدين : Li, Zr, F, Be, B, Cu, Mo

Drysdall و Jackson 1986b و Ramsay 1986 و Ramsay *et al.* 1986)
(Delfour 1967 و and Douch 1985 .

البريليوم (Beryllium (Be

فلز خفيف (١,٨٥ جرام/ سم٣)، يعطي شدة ومقاومة للإجهاد للنحاس أو الكوبلت أو النيكل أو الألومنيوم، لذا يدخل معها في تجهيز السبائك المقاومة للإجهاد لصناعة اليايات وغيرها من الأجزاء المعرضة لإجهاد شديد، مثل الصمامات وكربوريتور الطائرات. والبريليوم فلز مهم جداً في المعدات المقاومة للحرارة في سفن الفضاء وصناعة المفاعلات النووية، لقدرته الفائقة على امتصاص الحرارة مع عدم توصيلها.

يحصل على الفلز من معدن البريل ($Be_3Al_2Si_6O_{18}$ beryl) بصفة أساسية، ويستخرج هذا المعدن من عروق البجماتيت، أو كمعدن غث مصاحب لخامات التنجستن والقصدير. يصل الإنتاج العالمي إلى حوالي ١٠٠٠ طن من الفلز الذي يستخلص من البريل بصعوبة، وذلك بالتحليل الكهربي للمعدن المصهور في حمام من الفلوريد المحتوي على بعض الصوديوم والباريوم.

وفي الولايات المتحدة، ونظراً لقلة الموجود من معدن البريل يحصل على البريليوم من طف ريوليتي حاوي للتوباز ومنثور فيه المعادن برتراندايت (bertrandite), $Be_4Si_2O_7(OH)_2$ وفيناكيت (phenakite) Be_2SiO_4 ويشكل هذا أكبر مصدر للبريليوم في العالم الغربي ويصل محتواه إلى حوالي ٠,٥٪ BeO.

ونظراً لشدة الحاجة إلى اكتشاف مصادر جديدة للبريل تم تصنيع جهاز حقلي للكشف عن الفلز يعتمد على التنشيط النووي ويعرف باسم البريللومتر.

البريليوم في المملكة العربية السعودية

لم تعرف رواسب حاوية لتمعدن البريل، إلا أن العنصر بريليوم قد وجد كشاذة كيميائية مصاحبة للجرانيتات الأحدث المتمعدنة بالقصدير والنيوبيوم والفلور ومصاحباتها. وأهم هذه المواقع هي (شكل ٤٦) :-

- منطقة الدمة (Dummah) في عسير: Sn, Nb, Mo, Li, F, Be
- منطقة بية (Biya) في عسير : Ta, Nb, Mo, Li, F, Be
- بيركراث (Karath well) في عسير : Nb, Ta, Be
- جرانيت سراة بيشة في عسير : Y, U, Ta, Nb, Li, F, Be,

- مسايل (مسيل) (Msayl) في مدين : Zr, Li, F, B, Cu, Be, Mo,
- جرانيت رواة (Rawa granite) في مدين : W, Y, F, Be, Zn,
- جبل طربان (J. Tarban) خمرة – ظلم : Be, Mo, W, Sn,
- جبل أبو خرق (Abu Khurg) الدوادمي : Be,

وفيما يلي وصف موجز لأحد هذه المواقع :

جبل طربان Jabal Tarban

يحيط منكشف من البجماتيت الحامل لمعدن البريل بجسم جرانيتي دقيق الحبيبات (شكل ٤٩)، يبلغ سمك عرق البجماتيت ما بين ٢ – ٣م ويظهر أنه معتلٍ جسم الجرانيت على سطح توافق. يتكون البجماتيت من الكوارتز وقليل من الفلسبارً والبيوتيت والجارنت وميكا حاملة لمعدن الفاناديوم (roscoelite) ، بالإضافة إلى بلورات البريل التي يتراوح طولها ما بين ٢–٤سم. وهناك بعض البلورات يصل طولها إلى ١٥ سم . يكوّن البريل حوالي ٣٪ من البجماتيت ولكن رتبة التمعدن منخفضة. البلورات مشققة ومتغيرة ولا يمكن اعتبار هذا الموقع اقتصاديًا وذلك لاستحالة استخدام البريل هنا في صناعة الأحجار الكريمة (Jackson 1986 a).

الليثيوم Lithium (Li)

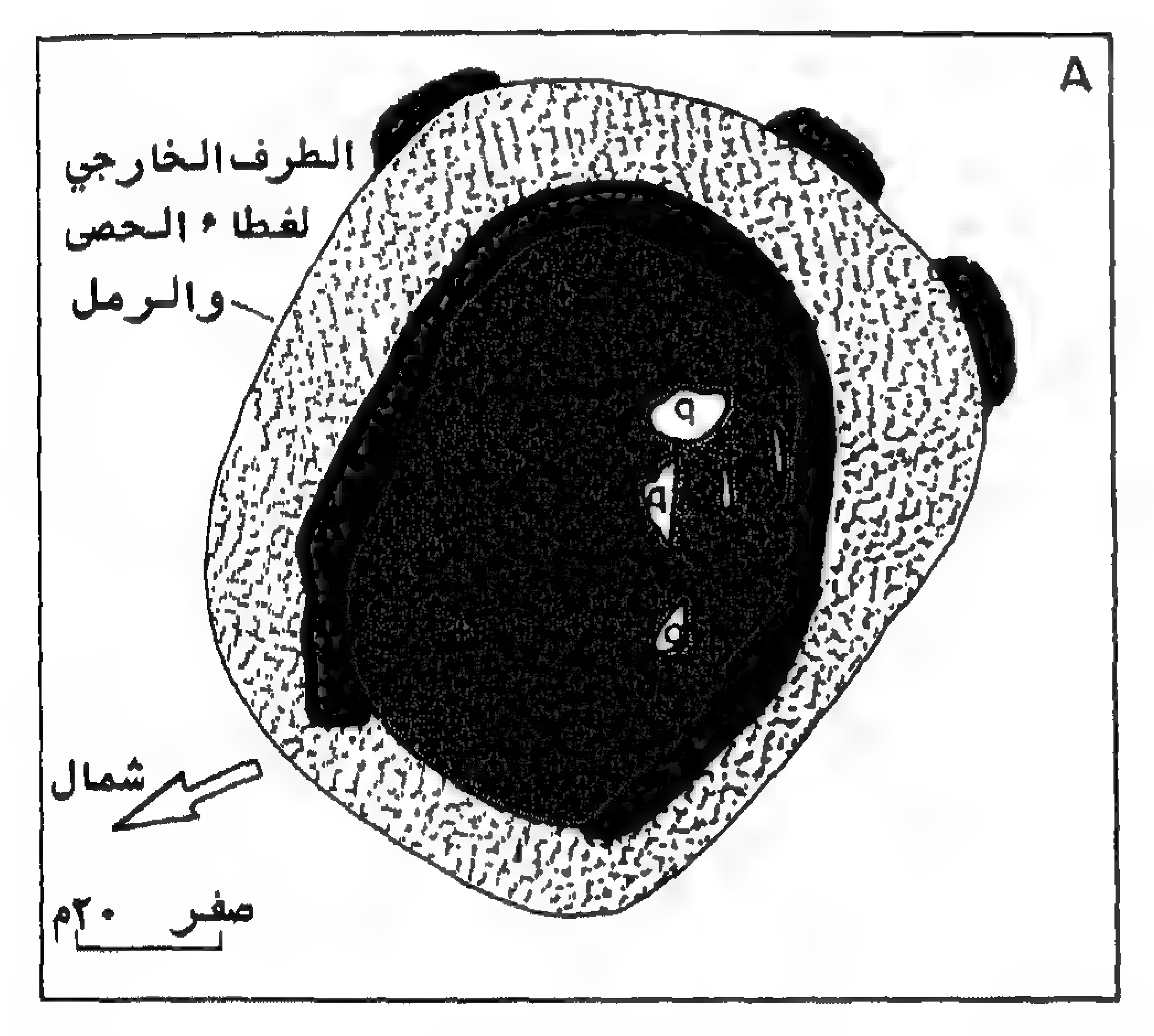
هنالك عدد محدود من أنواع الرواسب المحتوية على فلز الليثيوم، أهمها بجماتيت السبوديومين (spodumene pegmatite) الحاوي لمعدن سبوديومين ($Li\ Al\ Si_2O_6$)، بالإضافة إلى رواسب الجريزن الحاوية لمعدن لبيدوليت (lepidolite $K\ (Li, Al)_3\ (Si, Al)_4O_{10}\ (F,OH)_2$) والعروق الحرمائية وبعض الأملاح التبخيرية (evaporites) . وحديثا أخذت المصادر التبخيرية المقام الأول في سوق الإمداد بالفلز حيث يحتوي الأجاج في سولت ليك (Salt Lake) ، يوتاه بالولايات المتحدة، على ما بين ٣٤ إلى ٥٨ جزءًا في المليون من الفلز وأجاج سيريل ليك (كاليفورنيا) على ٠١٥ ,٠٪ Li_2O .

ويتزايد الاحتياج للفلز الذي يدخل في صناعات الخزف والصيني والزجاج، لكن أهم استخداماته هي في صناعة بطاريات الليثيوم، وتصل احتياطيات العالم من الفلز، والتي يوجد معظمها في الولايات المتحدة، إلى حوالي ٠٠٠ ,٢٠٠ ,١ طن أو

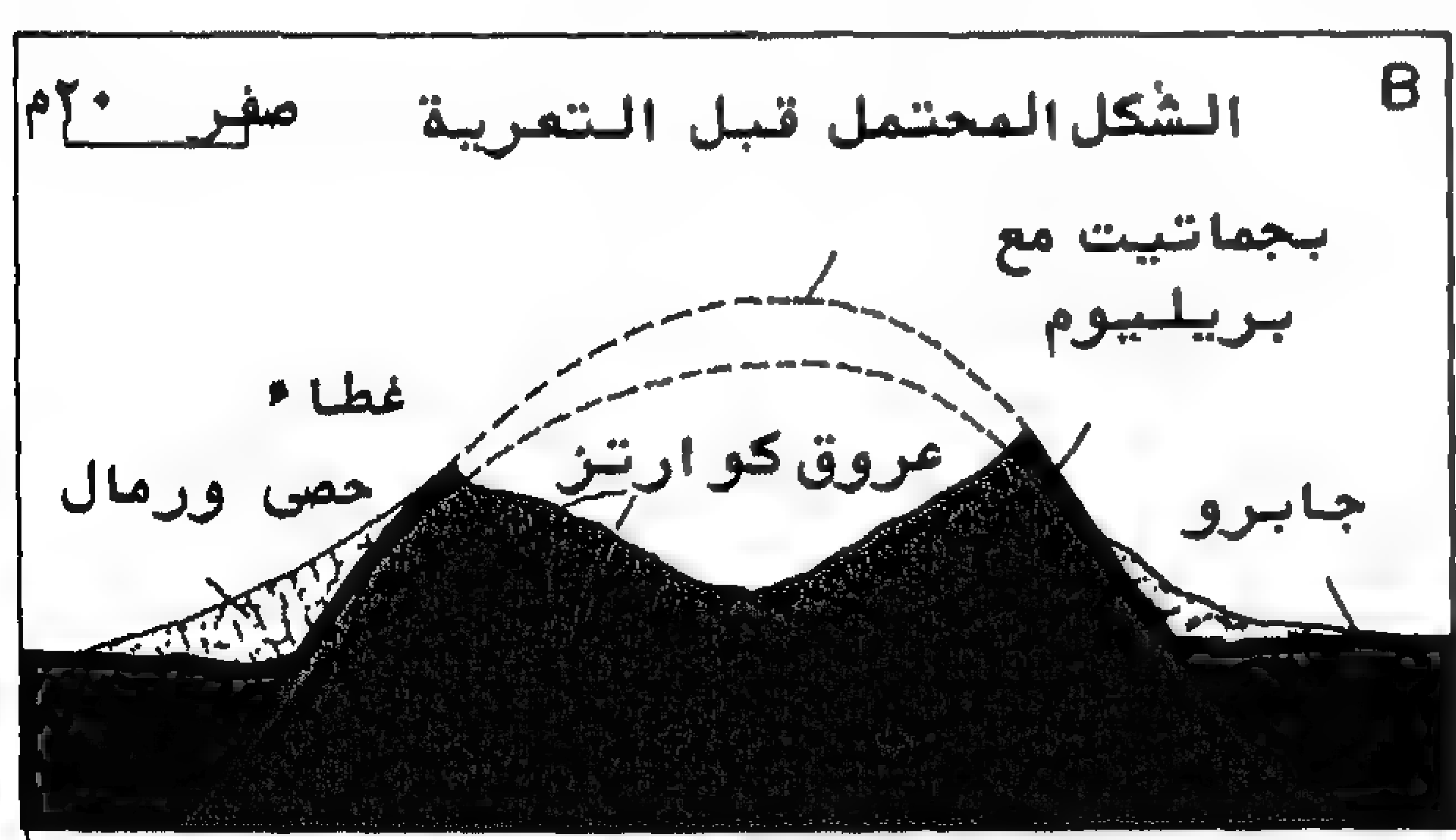
ما يزيد عن استهلاك العالم السنوي بمائتي مرة تقريبا .

الليثيوم في المملكة العربية السعودية

سجل وجود الليثيوم فقط كشاذة جيوكيميائية في الجرانيتات التالية للتجبل المتحولة إلى جريزن والحاملة لتمعدنات القصدير والتنجستن والنيوبيوم وغيرها (نفس مراجع العناصر الأرضية النادرة)، وأهم المناطق التي سجل بها تركيز من الفلز هي (شكل ٤٦):







شكل (٤٩) أ - خريطة جيولوجية لتمعدن البريليوم في جبل طربان .
ب - قطاع جيولوجي في جبل طربان . معدلة من (Jackson (1986 a .

جرانيت سراة بيشة – عسير : Y, U, Sn, Nb, Li, F, Be

مسيل (مسايل) – مدين : Zr, F, Li, B, Be, Cu, Mo

جرانيت الرتامة – مدين : Be, F, Li, Y, Nb, Ta, Sn

بجماتيت عثيران – خمرة ، ظلم : Th, U, Ta, Sn, Li, Mo

قواطع حقبان – خمرة ، ظلم : W, U, Th, Ta, Sn, Nb, Li

وقد يكون من المهم الكشف عن وجود الفلز في الآبار المحفورة في تبخيريات البحر الأحمر (جزيرة فرسان وغيرها) بحثا عن أملاح البوتاسيوم.

المغنيسيوم Magnesium (Mg)

المغنيسيوم أخف الفلزات المعروفة حيث تبلغ كثافته ١,٧٤ جرام/ سم٣، وبسبب هذه الخاصية بالإضافة إلى قوة تحمله وصلابته يتزايد الطلب عليه لتجهيز السبائك اللازمة في صناعة الطائرات والسيارات وغيرها من الأغراض التي تتطلب خفة في الوزن. وسبائك المغنيسيوم تقاوم التآكل في الهواء لكن لا تقاوم في الماء الملح، وأهم سبائكه وهي مع الألومنيوم، تستعمل في صناعة أجسام الميكروسكوبات والكاميرات والأطراف الصناعية والآلات الموسيقية وغيرها. ولأن المغنيسيوم يشتعل في درجة حرارة منخفضة ويعطي ضوءا شديدا عند اشتعاله يستعمل في مصابيح التصوير الليلي والألعاب النارية وطلقات الإشارة، كما يستعمل الفلز في القنابل الحارقة التي تعبأ بحوالي ٩٣٪ مغنيسيوم و٧٪ ألومنيوم.

يبلغ الإنتاج العالمي من المغنيسيوم حوالي ١٥٠,٠٠٠ طن يأتي حوالي ٥٠٪ من الولايات المتحدة، ويحضر الفلز من الأجاج الطبيعي (natural brine)، أو ماء البحر أو من معادن المجنيزيت magnesite ($MgCO_3$) أو الدولوميت dolomite, ($MgCa(CO_3)_2$) أو البروسيت brucite, ($Mg(OH)_2$) والمصدر الرئيس حاليا هو تبخر الأجاج الطبيعي أو ماء البحر في ملاحات شمسية هائلة الاتساع حيث يترسب كلوريد المغنيسيوم $MgCl_2$ قرب مرحلة الجفاف النهائي للماء ثم يحصل على الفلز بالتحليل الكهربائي للكلوريد. وهناك من ينتج الفلز من المجنيزيت كما في مصنع المغنيسيوم في هندرسون (نيفادا) وهو أكبر منتج له في العالم ويستخرج الفلز من المجنيزيت – دولوميت الذي يحتوي على ٥٪ أو أقل من CaO .

المغنيسيوم في المملكة العربية السعودية

عرفت رواسب المجنيزيت في موقعين أساسيين بالمملكة هما: جبل الرخام (خط عرض ٥٠َ ٢٣ْ شمالا وخط طول ١٩َ ٤١ْ شرقا) ومنطقة ظرغط (خط عرض ٣١َ ٢٦ْ شمالا وخط طول ٣٥َ ٤٠ْ شرقا) وقد عرضت المنطقتان بشيء من التفصيل في الحديث عن مواد البناء والتشييد في الباب الثاني من هذا الكتاب.

الأنتيمون Antimony (Sb)

الأنتيمون عنصر مهم للصناعة وللصناعات الحربية على وجه الخصوص، فخاصية تمدده - بدلا من انكماشه - عندما يبرد من حالة الانصهار تجعله أفضل العناصر في تجهيز حروف الطباعة التي لا يتغير شكلها عندما تصب في القوالب. وأهم استخداماته هي في إعطاء الصلابة لكثير من سبائك الرصاص المستعملة في ألواح البطاريات السائلة والأنابيب وفي تغطية الكوابل الكهربية وأنابيب المعاجين والمقذوفات النارية وغيرها.

وتبلغ احتياطيات العالم من الأنتيمون حوالي ٥ مليون طن، يوجد معظمها (٧٠٪) في الصين، ثم في بوليفيا وروسيا وجنوب افريقيا والمكسيك.

وهناك العديد من معادن الأنتيمون أهمها الأستبنيت (stibnite)Sb_2S_3 وهو المصدر الرئيس للفلز، ثم العنصر الطليق Sb (native antimony) ونواتج التأكسد سيرفانتيت (cervantite)Sb_2O_4 ، ويتراوح محتوى الخامات، بين ٣ و ٨٪ من العنصر.

ومعظم رواسب الأنتيمون من النوع الحرمائي ضحلة العمق (shallow hydrothermal) موجودة على هيئة حشو في الشروخ والفواصل والكسور، كما يوجد الأنتيمون في رواسب بعض الينابيع الحارة، وكثيراً ما يصاحب الاستبنيت معدن السنابار (HgS) .

الأنتيمون في المملكة العربية السعودية

وجد الأنتيمون مصاحبا لعروق فلزات القاعدة (base metal veins) في كثير من مناطق المملكة خاصة في المناطق الآتية (شكل ٤٦) :

منطقة النيمار (An Nimahr) (خط عرض ٣٢َ ٢٥ْ شمالا وخط طول ٦َ ٤١ْ شرقا)، حيث ثبت وجود الأنتيمون بصحبة الزنك والنحاس والرصاص والفضة على هيئة معادن (سفاليريت، كلكوبيريت، بيريت، تيتراهيدريت، جالينا، بيروتيت) منثورة في طف ريوليتي ورخام يعلو طبقات من الجاسبر وطف الأنديزيت.

في عوية : Au, Sb ، وأم جرفان : Au, Sb ، وبقية : Cr, Ni, Zn, Sb وسهيلية : Sb, Au, Zn, Ni, Co، وجبل العبيد : Sb في إقليم ظلم.

- في عش كامب (Ush Kamb): Pb, Ag, Zn, Cu, Sb, Cd.

الزرنيخ (As) Arsenic

الزرنيخ نادر الاستخدام إلا في قليل من السبائك مثل خلطه مع الرصاص لصناعة المقذوفات النارية، لكن تستعمل أملاحه (أرزينات الكالسيوم أو الرصاص) كمبيدات حشرية، وأكسيده كمبيد للحشائش. ويستعمل بعض الزرنيخ في حفظ الأخشاب والجلود، كما تستهلك صناعة الأصباغ والأدوية والكيماويات كميات منه.

وأهم الدول المنتجة للزرنيخ هي السويد وفرنسا والمكسيك وبلجيكا وإستراليا واليابان. وتستطيع السويد بمفردها أن تنتج ما يغطي استهلاك العالم من العنصر.

ولا يوجد راسب واحد في العالم يستغل للزرنيخ بمفرده بل يحصل عليه دائما كناتج ثانوي مع غيره من العناصر، وأهم أنواع الرواسب التي يستخلص منها الزرنيخ هي :

- رواسب النحاس - زنك - رصاص المحتوية على إنارجيت enargite (Cu_3AsS_4).
- رواسب النحاس المحتوية على أرزينوبيريت
- عروق الفضة الطليقة وزرنيخات النيكل والكوبلت
- رواسب الذهب المصاحب للأرزينوبيريت
- رواسب القصدير المحتوية على بعض الزرنيخ

وهناك أكثر من ٢٥ معدنا للزرنيخ معظمها إما زرنيخات أو كبريتيدات، وأهم

معادنه الأولية هي أرزينوبيريت FeAsS (arsenopyrite) ، لولينجيت lollingite ($FeAs_2$) ، سمالتيت smaltite ($CoAs_2$) ، نيكوليت niccolite (NiAs) ، تينانتيت tennantite ($CuSAs_2S_7$) ، إنارجيت enargite ($Cu_3As\ S_4$) وبروستيت proustite (Ag_3AsS_3) .

الزرنيخ في المملكة العربية السعودية

يوجد الزرنيخ في صحبة عروق الذهب في جنوب جبل ظلم وفي جبل الحمراء وفي تمعدن سكارن بصحبة البزموث في نفود كتيفة، وبصحبة الفضة والبزموث في كوارتز هل (quartz hill) في إقليم ظلم، كما وجدت آثار منه بصحبة التنجستن والموليبدنم في وادي هميلية في إقليم مدين.

البزموت (Bi) Bismuth

يستخدم البزموث بكميات قليلة في الصناعة ، ولكن وجوده مهم في بعض الصناعات الدوائية لخواصه العلاجية، كما يستعمل في إكساب بريق للمنتجات الخزفية، وفي صناعة الزجاج البصري، ونظرا لأنه يكوّن سبائك مع الرصاص والقصدير والكادميوم تمتاز بانخفاض درجة انصهارها فإنها تستعمل في رشاشات المياه الأوتوماتية للوقاية من الحريق (عندما يسخن المكان بسبب الحريق تنصهر المادة فيندفع الماء لإطفاء النيران وتبريد المكان)، وكذلك في قواطع التيار الكهربائي (الفيوزات).

ويبلغ الإنتاج العالمي حوالي ٥ مليون رطل يأتي معظمها من الولايات المتحدة والمكسيك وبيرو واليابان والقليل منها يأتي من المانيا وأسبانيا وإستراليا وبوليفيا.

وأهم معادن البزموث هي البزموث الطليق Bi (native bismuth) والبزموثينيت Bi_2S_3 (bismuthinite) ومغرة البزموث (bismuth ochre) (وهي خليط من أكاسيد وكربونات البزموث خاصة البزميت Bi_2O_3 (bismite)). وقليل من الرواسب المعدنية يستغل للبزموث فقط، لكن معظم إنتاجه يأتي من رواسب فلزات أخرى مثل القصدير والنحاس والفضة والرصاص.

البزموث في المملكة العربية السعودية

وجد البزموث مصاحبا للقصدير أو الفضة أو الرصاص أو الزرنيخ في بعض

مناطق المملكة، وأهم مناطق وجوده هي :

- منطقة عويجة - ثعبان بالدوادمي حيث يصاحب تمعدن W, Mo
- منطقة جبلات في بيدا وفي منطقة أبها حيث يصاحب Ag, Pb, Ag
- جبل ورجان بمنطقة المدينة حيث يصاحب Mo, Pb, Ag
- كوارتز هل (Quartz hill) رقم ٢ و ٣ بمنطقة ظلم Ag (Bi, As)
- نفود كتيفة في إقليم ظلم حيث يوجد في نطاق سكارن مع الزرنيخ .

الكادميوم Cadmium (Cd)

يتميز الكادميوم بدرجة انصهاره المنخفضة، وقابليته للطرق والسحب، وبليونته الأكثر من الزنك، وبسهولة تكوينه للسبائك مع غيره من الفلزات، لذا تستخدم سبائكه مع النيكل أو الفضة أو النحاس في صناعة محاور الارتكاز وغيرها من الأغراض المقاومة للاحتكاك، فيضاف الكادميوم إلى النحاس لرفع صلابته، وللفضة لخفض سرعة تأكسدها وانطفاء لمعانها في أدوات المائدة، ويضاف إلى الذهب لإضفاء لون مخضر مميز. ومن استخداماته المهمة طلاء الحديد لمنع الصدأ في الأجزاء المعرضة للجو. ولمركبات الكادميوم أهميتها الخاصة في الصناعات الكيميائية والفوتوغرافية وفي صناعة أنابيب أجهزة التليفزيون الملون وغيرها.

ويحصل على الكادميوم فقط كناتج جانبي في استخلاص الزنك، ولا يوجد راسب معين أو منجم واحد يستغل فقط للكادميوم. ويبلغ الإنتاج العالمي من الكادميوم حوالي ١٧ مليون طن، وأهم الدول المنتجة له هي كندا والمكسيك واستراليا، وتأتي كميات أقل من المانيا والنرويج وجنوب إفريقيا.

ومعادن الكادميوم الرئيسة هي الكبريتيد جرينوكيت CdS (greenockite) والكربونات أوتافيت $CdCO_3$ (otavite) وتوجد دائما مصاحبة لمعادن الزنك مثل السفاليريت ونواتج تأكسده.

الكادميوم في المملكة العربية السعودية

لم يذكر الكادميوم في رواسب المملكة إلا في موقعين :

في راسب أطلنطس في أجاجيات البحر الأحمر حيث يحتوي الراسب على Zn, Cu, Ag, Au, Co, Cd, Pb .

في عش كامب (Ush Kamb) في منطقة عسير حيث يوجد بصحبة Zn, Pb, Ag, Cu, Sb, Cd .

الزئبــق Mercury (Hg)

عرف الفلز منذ أقدم العصور حيث استخدم في استخلاص الذهب، وكانت مناجمه الأولى في منطقة المعدن (Alma´den) بأسبانيا. والعرب هم الذين أطلقوا اسم «المعـدن» على تلك المنطقـة عندما رأوا الزئبق الطليق لامعًا في بعض فجوات صخورها البركانية.

والزئبق هو الفلز الوحيد السائل تحت ظروف الحرارة والضغط العادية، وهو مهم للغاية في صناعة الأجهزة الكهربائية والإلكترونية وأجهزة الاتصال، وفي الصناعات الدوائية، والبطاريات الجافة، والمبيدات الحشرية، وبوادئ التفجير في المفرقعات، بالإضافة إلى استخدامه في استخلاص الذهب والفضة. وتستخدم كميات منه في صناعة الترمومترات، وحشو الأسنان وصناعة المصابيح الكهربائية.

والفلز سام للغاية، وكان سبب موت الآلاف ممن تناولوا طعاما عولج بالزئبق، وأسماكا صيدت من مناطق ملوثة بعوادم الصناعة الحاوية للفلز (خاصة في اليابان).

ومعـادن الزئبـق الاقتصـاديـة هي السنابار HgS (cinnabar) والمتاسنابار (metacinnabar) والكـالـوميـل Hg_2Cl_2 (calomel) وقليـل من الفلـز الطلـيق Hg (native mercury). ويبلغ الإنتاج العالمي حوالي ٣٠٠,٠٠٠ قنينة (٧٦ رطلاً بكل قنينة) يأتي معظمها من المعدن (أسبانيا) أدريا (يوغسلافيا) مونتي أمياتا (إيطاليا) سانتاباربرا (بيرو) ونيو المعدن ونيو أدريا (كاليفورنيا)، ويحصل على الفلز بتبخيره من خاماته حيث يكثف في قوارير من الصلب تحتوي الواحدة على ٧٦ رطل من الفلز، وبسبب سهولة استخلاصه يمكن استغلال الكثير من الرواسب المعدنية منخفضة الرتبة.

وتأتي معظم رواسب الزئبق من المحاليل الحرمائية (hydrothermal solutions) على هيئة رواسب إحلالية أو حشو الكسور والمسام في الصخر المضيف، ويمكن أن توجد الرواسب في أي نوع من الصخور وإن كانت معظم رواسبه المعروفة تصاحب بركانيات العصر الثلاثي.

الزئبق في المملكة العربية السعودية

ذكر الزئبق من موقع واحد بوادي إيتان بإقليم المدينة لكن لا تتوافر معلومات كافية عن الموقع. ويجب الاهتمام بالبحث عن رواسب الزئبق في بركانيات العصر الثلاثي الموجودة في الفيوض الأقدم من الحرات بالمملكة.

الباب الثاني

الرواسب المعدنية اللافلزية

■ مدخل ■ مواد الطاقة ■ مواد الصناعات الخزفية ■ مواد الإنشاء والتشييد ■ المواد الميتاليرجية الصاهرة والمقاومة للصهر ■ المعادن والمواد الصناعية ■ معادن الصناعات الكيميائية ■ مواد الصقل والتلميع ■ أحجار الزينة ■ الأحجار الكريمة.

مدخل

تستخدم المعادن اللافلزية أساسا بالصورة التي تستخرج عليها دونما محاولة لاستخراج عناصرها الأولية . وتعتمد قيمتها الاقتصادية عادة على إمكانية استخدامها محليا إذ كثيراً ما تفوق تكلفة النقل إلى أماكن بعيدة قيمة الخام نفسه .

والرواسب المعدنية اللافلزية - على عكس الرواسب الفلزية - لا تخضع لأي تقسيم بسيط ، فمن الممكن أن يتكون الخام بأكثر من طريقة وكثيراً ما يحتوي على أكثر من عنصر أو أكثر من معدن . . . ومن هنا كان التقسيم المقبول لها هو ذلك المبني على الغرض المستخدم فيه الخام - وهذا هو المتبع في هذا الباب حيث قسمت الرواسب اللافلزية إلى :

■ مواد الطاقة (energy resources) : ١ - الفحم ، ٢ - طفال الزيت

■ مواد الصناعات الخزفية (ceramic materials) : ١ - الفلسبار ، ٢ - البوكسيت ، ٣ - الصلصال .

■ مواد الإنشاء والتشييد (structural and building materials) : ١ - المواد الركامية، ٢ - مواد صناعة الأسمنت، ٣ - الجبس والأنهيدريت، ٤ - مواد العزل الحراري والصوتي.

■ المواد المبتاليرجية الصاهرة والمقاومة للصهر (metallurgical, fluxing and refractory materials) : ١ - الفلوريت، ٢ - الجرافيت، ٣ - الجير والحجر الجيري، ٤ - المجنيزيت.

■ المعادن والمواد الصناعية (industrial materials) : ١ - الإسبستس ٢ - رمل الزجاج، ٣ - الميكا، ٤ - التلك، ٥ - الباريت، ٦ - البنتونيت.

■ معادن الصناعات الكيميائية (chemical minerals) : ١ - الهاليت (الملح الصخري) ، ٢ - أملاح البوتاس، ٣ - الكبريت ٤ - الفوسفوريت.

■ مواد الصقل والتلميع (abrasives and polishing materials) الكورندم، الجارنت.

■ أحجار الزينة والرخام .

■ الأحجار الكريمة (gemstones) .

الفصل الأول

مواد الطاقة
Energy Materials

■ الفحم ■ طفال الزيت

يندرج تحت هذا العنوان مواد الوقود الأحفوري (fossil fuel) المختزنة بين طبقات القشرة الأرضية، وتشمل زيت البترول والغاز الطبيعي بالإضافة إلى أنواع الفحم المختلفة. كما أن هناك بعض المواد الصخرية المحتوية على نسبة مرتفعة من العناصر الكربونية، مثل رمل القطران (tar sand)، وطفال الزيت (oil shales)، وإن كانت لا تشكل مصادر اقتصادية حتى الآن، إلا أن الإنسان قد يحتاج إليها في المستقبل بعد أن يستنزف الثروة البترولية المتاحة له بسهولة ويسر حاليا، خاصة إذا علمنا أن رمال القطران في أثاباسكا (Athabasca tar sands) قد بدأ استغلالها فعلا حيث ينتج منها بالتقطير، حوالي ٥٠,٠٠٠ برميل من الزيت يوميا، وأن احتياطي العالم من الزيت الممكن إنتاجه من هذه الصخور يقدر بحوالي ٩١٥ بليون برميل على أقل تقدير.

وفي دراستنا هنا لن نتطرق لدراسة البترول والغاز الطبيعي حيث إنه مجال واسع ويحتاج إلى كتاب منفصل، لكن سنتناول باختصار الفحم وطفال الزيت أو الصخور الحاوية للبتيومين.

الفحم Coal

كان الفحم هو المصدر الرئيس للطاقة قبل استخدام البترول، وعليه قامت الثورة الصناعية في أوروبا. ورواسبه واسعة الانتشار وذات احتياطيات كبيرة، حيث قدرت احتياطيات العالم بنحو ٧٦٠٠ بليون طن.

يقسم الفحم إلى أربعة أنواع رئيسة هي الأنثراسيت (anthracite) ، والفحم البتيوميني (bituminous coal) ، واللجنيت (lignite) ، والبيت (peat)، مرتبة حسب أفضليتها.

يوجد الفحم على صورة طبقات في التتابعات الرسوبية المعروفة باسم (coal measures) ، والتي تتكون من طبقات متبادلة من الفحم، والطفال والصلصال، والحجر الرملي، وتوجد في كل الأعمار الجيولوجية التالية للديفوني وحتى الثلاثي الذي ينتج منه أغلب اللجنيت الموجود في العالم.

الفحم في المملكة العربية السعودية

اخترقت الآبار المحفورة في الغطاء الرسوبي الفانيروزوي، بعض طبقات من الفحم أو اللجنيت، مما دفع المديرية العامة للثروة المعدنية إلى أن تأخذ على عاتقها برنامجا للبحث عن الفحم في المملكة. يستهدف هذا البرنامج التعرف على الفترات المناسبة استراتجرافيا ومناخيا لتكوّن الفحم خلال التطور الجيولوجي لصخور الغطاء. وقد تحقق حتى الآن وجود الفحم بين الصخور المتكونة من الديفوني وحتى الثلاثي في صخور الغطاء، بامتداد الحافة الشرقية للدرع العربي، وحددت خمس مناطق واعدة لوجود احتياطيات من الفحم. وهذه المناطق هي منطقة النفود الكبير (منطقة القصيم) منطقة الرياض الكبرى، منطقة العريض ، ومنطقة شرورة ، والربع الخالي.

ففي منطقة القصيم - بين الغاط والزلفي - عثر على الفحم البتيوميني واللجنيت في تتابع من متكون ضرومة (Dhrumah) الجوارسي العمر أثناء حفر آبار للماء، ويبلغ السمك الظاهري لهذا التتابع أكثر من ٣٠ متراً. وفي منطقة العريض اخترقت الآبار أفقين للفحم بين صخور الكربوني والبرمي، كما عثر على راقات من الفحم تحت البتيوميني أو اللجنيت في متكونات الخف والجلح ومنجور ومرات والطويق، ويبلغ سمك الطبقات الحاوية للفحم ٢٠م في جحر رملي البياض (Biad) الكريتاسي العمر و ٦,٥م في متكون الوسيع (Wasia) و ٤٥م في متكون عرومة (Arama) بالربع الخالي. والأمل كبير في أن تسفر الأبحاث الجارية حاليا عن وجود الفحم بكميات ورتب اقتصادية بالمملكة بإذن الله.

طفال الزيت Oil Shale

توجد صخور الطفال الحاوية لبعض المواد البتيومينية، والتي تنتج بعضا من الزيت الخام عن تقطيرها ، في كثير من المناطق بالولايات المتحدة وكندا والمغرب، إلا أن أيًا منها لم يستغل اقتصاديا حتى الآن، وإن كانت بعض الدراسات مازالت تجري في الولايات المتحدة وكندا للاستفادة من رمال القطران (tar sands) والمشابهة لطفال الزيت.

طفال الزيت في المملكة العربية السعودية

وفي المملكة الغربية السعودية عثر على طبقات رقيقة من طفال الزيت، مماثلة لتلك الموجودة في الأردن، مصاحبة لرواسب الفوسفوريت، من الكريتاسي الأعلى إلى الثلاثي، بالمناطق الشمالية من المملكة، وربما تمثل الامتداد الجانبي التطبقي لسحنات الفوسفوريت في ثنيات طريف.

بينت الأبحاث التي أجريت على هذا الطفال، قلة كمية الزيت الناتج منه عند تقطيره، مما يجعله بعيداً عن مجال الاستغلال الاقتصادي.

كما كشفت الدراسات الحديثة على صخور الغطاء الباليوزوي، عن أن الأعضاء المكونة من الرمل - الغرين لمتكون تبوك (Tabuk) (أردوفيشي - سيلوري) - تحتوي على بعض البتيومين، ربما يمثل ما تبقّى من صخور مصدر الزيت، وتجري الأبحاث اللازمة لتقدير محتواها من الزيت، عند تقطيرها ، أو من العناصر الضئيلة والنادرة (يورانيوم - فاناديوم - نحاس) والتي كثيراً ما تترسب في الصخور البتيومينية لما توفره من بيئة مختزلة تلائم ترسيبها.

الفصل الثاني

مواد الصناعات الخزفية

Ceramic Materials

■ الفلسبار ■ البوكسيت ■ الصلصال

الفلسبار Feldspar ($K\ AlSi_3O_8/Na\ AlSi_3O_8$)

رغم أن الفلسبار هو أكثر المعادن شيوعا في الصخور النارية، إلا أن المستخدم منه في الصناعة هو نوعية معينة من فلسبارات البوتاسيوم والصوديوم الفقيرة في عنصر الكالسيوم، التي توجد على صورة تسهل فصلها وتنقيتها، وأفضل ما يكون ذلك هو في صخور البجماتيت خشنة التحبب.

يستعمل الفلسبار في صناعة الزجاج والخزف حيث يستخدم أساسا كمادة مزججة (glaze) لتغطية أسطح المصنوعات الخزفية.

الفلسبار في المملكة العربية السعودية

يوجد الفلسبار في المملكة كأحد مكونات قواطع البجماتيت، إلا أن قلة الكميات المتاحة منه وعدم وجود طلب شديد عليه من الصناعات المحلية جعلاه بعيدا عن مركز الاهتمام. وأهم مناطق وجود الفلسبار بالمملكة (شكل ٥٠) هي:

- شمال خميس مشيط وبير بن سرار في إقليم عسير.
- شمال وادي قديد، وشمال وادي الشعبة، وشمال جبل أبو بكر بمنطقة جدة وكذلك جبل الدمة بالطائف.

- جبل أبو وزة وجبل أبو مرو وأبيار بن مر بمنطقة المدينة المنورة .
- في عبلة وقرينة وحقبان والرويضة .
- سمرة وغرب جبل الإهينة (Al Ehene) وجبل أبو جرة وحرة الجعلاني بمنطقة الدوادمي .
- وجد الفلسبار من نوع الأمازونيت ذو اللون الأخضر الجميل في وادي الحرار بمنطقة الطائف .

تابع شكل ٥٠ بعض أهم مواقع مواد الصناعات الخزفية ومواد الإنشاء والتشييد

فلسبار

١ - بئر بن سرار
٢ - وادي قديد
٣ - عبلة
٤ - قرينة
٥ - حقبان
٦ - الرويضة
٧ - جبل سودة

البوكسيت

٨ - الزبيرة

الصلصال

٩ - مرات
١٠ - خشيم رضي ، جبل الدغم
١١ - الجبيل
١٢ - اللّدَمْ
١٣ - الطينيات
١٤ - الطرفية
١٥ - تبوك
١٦ - ينبع النخل
١٧ - مدركة

مواد أسمنت

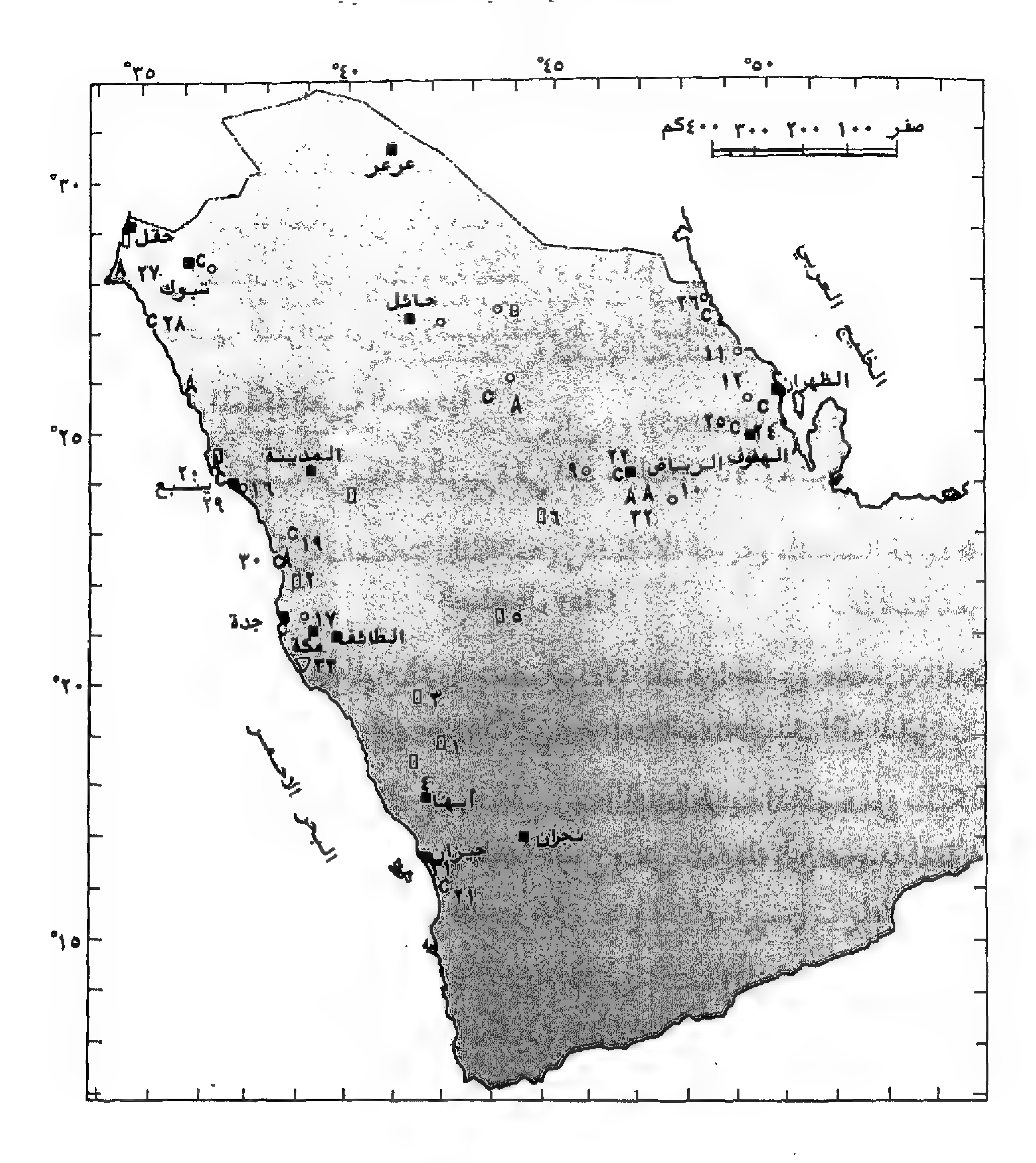
١٨ - تبوك
١٩ - رابغ
٢٠ - ينبع
٢١ - جيزان (أم عرج)
٢٢ - الرياض
٢٣ - القصيم (بريدة)
٢٤ - الهفوف
٢٥ - أبقيق
٢٦ - الخفجي

الجبس

٢٧ - مقنا وجبل رغامة
٢٨ - طويل الكبريت
٢٩ - ينبع
٣٠ - رابغ
٣١ - جيزان
٣٢ - الخرج

مواد العزل الحراري (بيرليت)

٣٣ - جبل شامة



B البوكسيت

C مواد الأسمنت

○ الصلصال

▯ الفلسبار

A جبس وأنهيدريت

▽ بيرليت

شكل (٥٠) خريطة توضح بعض مواقع وجود مواد الصناعات الخزفية ومواد الإنشاء والتشييد في المملكة العربية السعودية .

البوكسيت Bauxite ($Al_2O_3 . nH_2O$)

سبق الحديث عن البوكسيت بوصفه الراسب الأساسي لصناعة الألومنيوم، إلا أنه وبسبب محتواه العالي من الألومينا، مطلوب في بعض الصناعات الخزفية حيث يضيف إلى الصلصال قوة ومقاومة للحرارة والتأكل. وتصنع بعض قوالب طوب تبطين أفران صهر الفلزات من البوكسيت المخلوط بمواد تساعد على تماسكه.

البوكسيت في المملكة العربية السعودية

يراجع ما كتب عن منطقة الزبيرة في الجزء الخاص بالألومنيوم من الخامات الفلزية في هذا الكتاب.

الصلصال Clay

الصلصال هو أقدم المواد التي استخدمها الإنسان في مسيرة حضارته، فعلى الواح الصلصال كتب قصته ومنه صنع الأواني وصب قوالب الطوب وأقام المباني.

يستخدم الاسم للدلالة على مجموعة المواد الطينية المتكونة من سليكات الألومنيوم المائية والفتات الصخري المصاحب، والتي تتحول إلى عجينة لدنة عند إضافة الماء إليها ثم إلى مواد حجرية عند حرقها.

والصلصال مجموعة من المعادن والمواد الغروية الدقيقة للغاية، والتي تحتاج إلى تكبير عدة آلاف من المرات بالميكروسكوب الإلكتروني لدراستها، وهي معادن صفائحية أو إبرية الشكل دقيقة الحبيبات (أقل من ٠,٠٠٢ من المليمتر)، تعرف دائما باستخدام الأشعة السينية، أو التحليل التفاضلي الحراري) Differential Thermal Analysis (DTA) وتنشأ عن التجوية الكيميائية وتحلل معادن مجموعة الفلسبار بصفة أساسية، كما يتكون بعضها بفعل المحاليل الحرمائية (hydrothermal solutions). وأهم هذه المعادن هي :

- مجموعة معادن الكاولينيت kaolinite ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) :

  وتشمل الكاولينيت والديكيت والنكريت وغيرها

- مجموعة معادن المونتموريلونيت ($(Al, Mg)_8 (Si_4 O_{10})_4 (OH)_8 nH_2O$) montmorillonite

وتشمل المونتموريلونيت والصابونيت وغيرها .

● مجموعة معادن الميكا المتميئة - إلّيْت illite ($K_2 (Si_6 Al_2) Al_4O_{20} (OH)_4$)

ويحتوي الصلصال - بالإضافة إلى معادن الطين - على بعض المواد الغروية وفتات الصخور وهيدروكسيدات القواعد، وهذه هي التي تحدد عادة صفات الصلصال واستخداماته. وأهم الصفات الطبيعية في الصلصال هي :

● درجة اللدونة (plasticity) وهي التي تتحكم في إمكانية تشكيل الصلصال قبل حرقه .

● درجة التماسك ودرجة الانكماش وهما اللتان تتحكمان في إمكانية حرق الصلصال بعد تشكيله .

● القابلية للصهر (fusibility) والتي تحدد درجة الحرارة التي عندها يتزجج الصلصال كما تحدد إمكانية استخدامه كمواد مبطنة لأفران الصهر .

واستخدامات الصلصال أكبر من أن تحصى، فهو المستخدم في صناعة الأواني الفخارية وصناعة الخزف والصيني والأرضيات والحمامات والسيراميك . وهو مادة قوالب الطوب وسيراميك الحوائط والأرضيات وفي صناعة العوازل الكهربائية والمواد المبطنة لأفران صهر الفلزات والبواتق ومعدات صهر الزجاج، ومنه تصنع مواسير المياه والمجاري وتضاف بعض أنواعه في صناعة الأسمنت والورق وحتى الأدوية .

هذا بالإضافة إلى استخدام البنتونيت، والمكون أساسا من معدن المونتموريلونيت، في تجهيز طينة حفر الآبار وغيرها مما لا يمكن حصره من استخدامات .

الصلصال في المملكة العربية السعودية

الصلصال موجود في مناطق عديدة يصعب حصرها (شكل ٥٠)، إلا أن صلاحيته للاستخدام تختلف من منطقة إلى أخرى وكذلك الغرض الممكن استخدامه فيه . وتوجد معظم مناطق وجود الصلصال في صخور الغطاء الرسوبي (Fujii 1977)

■ فيوجد الصلصال الكاوليني الصالح لصناعة الفخار والخزفيات في خشيم

رضى وجبل شهبا ووادي صلة ودرب سعد شمال الرياض ومنطقة الخرج في متكون الوسيع وفي الزبيرة وضرمة وسرات وبير الحميمة (قرب حايل) والكهفة والحسيرة والطينيات وكلها مشمولة في صخور الغطاء.

■ كما يوجد طين الحفر (البنتونيت) في مناطق مدركة وخليص وعسفان بالقرب من جدة، وفي مشاش الويبلية بالقرب من الحليفة، وكذلك شمال الدمام وفي الجبيل (Spencer and Vincent 1984).

■ ويوجد الصلصال القابل للتمدد في وسط هضبة حسمة وجبل غوانين وطور العرقانة في شرق تبوك وفي ينبع النخل.

■ أما الصلصال المناسب لصناعة الطوب ولوازم البناء فمتوافر في مناطق عديدة من صخور الغطاء الرسوبي من أهمها الطرفية شمال بريدة وجبل السهامي وجبل فزران وسهل الحفيرة وعين دار واللدم والونان والزغبية وشرق مدينة تبوك وجبل الفضيلي والنعيرية والجاهلية وصفورة والمرير ووادي عطشانات وجبل الدغم ورخيات السودا وغيرها كثير (شكل ٥٠).

الفصل الثالث

مواد الإنشاء والتشييد

Building and Construction Materials

■ المواد الركامية ■ مواد صناعة الأسمنت ■ الجبس والأنهيدريت ■ مواد العزل الحراري والصوتي.

تشتمل هذه المجموعة على المستلزمات الأساسية وإقامة المنشآت ، وهي القاعدة الأساسية والخطوة الأولى في مشروعات الإسكان والتصنيع وشق الطرق وما عليها من كباري وأنفاق، ويمكن تقسيم المجموعة إلى عدد من الأقسام، يضم كل منها المواد اللازمة لغرض معين، والمشتركة في بعض صفاتها، وتضم هذه الأقسام:

■ المواد الركامية aggregates : الأحجار المجروشة ، الرمل، الحصى، خبث الأفران وغيرها.

■ مواد صناعة الأسمنت cement raw materials

■ الجبس والأنهيدريت gypsum and anhydrite

■ مواد العزل (حراري وصوتي) insulating materials

المواد الركامية Aggregates

المواد الركامية هي تلك المنتجات المعدنية أو الصخرية الصلبة، والثابتة كيميائيا، والتي يمكن تشكيلها بعد تكسيرها وجرشها لأحجام معينة، لإعطاء الكتلة والقوة للمنشآت عند تحضير الخرسانة، وذلك بخلطها مع الأسمنت أو الزفت أو البلاستر أو حتى مواد الطين. ولابد أن تكون المواد الركامية منخفضة التكلفة حتى يمكنها الوقوف في منافسة مع طرق البناء الأخرى، ويختلف ثمنها في موقع إنتاجها، لكن يظل دائما أقل من تكلفة نقلها إلى موقع استخدامها.

وأكثر الصخور استخداما في تجهيز المواد الركامية هي الحجر الجيري، والدولوميت، والجرانيت وأشباه الجرانيت، والجابرو والبازلت، والحجر الرملي والكوارتزيت.

وفي المملكة العربية السعودية تتوزع محاجر إنتاج المواد الركامية في كافة أنحاء المملكة ويوجد عدد منها بالقرب من كل مدينة أو مركز إنشاءات وذلك لتفادي تكلفة النقل كما سبق القول.

مواد صناعة الأسمنت Cement Materials

تعتبر مواد صناعة الأسمنت ذات أهمية خاصة، لأهميتها المطلقة في التعمير والتصنيع، حتى إنها قد استخدمت كمقياس للتقدم الحضاري والصناعي، ففي الدول الصناعية المتقدمة يصل استهلاك الفرد من الأسمنت إلى عدة مئات من الكيلوجرامات، ينخفض إلى ٢٥ كيلو جرام أو نحو ذلك في الدول الأقل تقدما وتصنيعا.

ويمكن تعريف صناعة الأسمنت بأنها معالجة المواد المعدنية الخام المختارة لإنتاج خليط معدني صناعي (كلينكر) يمكن طحنه إلى مسحوق له الصفات الفيزيائية والكيميائية التي تحددها المواصفات القياسية للأسمنت. ونظرا لشدة الحاجة إلى الأسمنت في كافة مواقع الإنشاء والتعمير، تتوزع مصانع الأسمنت جغرافيا حتى تكون قريبة من أماكن استهلاكه تفاديا لتكلفة النقل، والعوامل الأساسية في تحديد مواقع هذه المصانع هي: أماكن الاستهلاك، تكلفة نقل المنتج، وتكلفة نقل المواد الخام، مدى توافر المواد الخام، والوقود والقوى المحركة.

والمواد الخام المطلوبة في صناعة الأسمنت هي:

- مصدر للجير (CaO) وهو ما يتوافر في صورة كربونات كالسيوم في الأحجار الجيرية أو الرخام أو المارل، وقد تستعمل الشعاب المرجانية أو الأصداف عند توافرها بكميات كافية.

- مصادر للسيليكا والألومينا، عندما تكون نسبتها في الصخور المستعملة كمصدر للجير أقل من اللازم للأسمنت. وأهم مصادر السيليكا المستعملة هي الرمال، الغرين الصلصال والحجر الرملي، وتأتي الألومينا من الصلصال ومعادن الطين بصفة عامة.

● بعض المواد الإضافية القليلة مثل الحديد، ووجوده مطلوب بنسب معينة في كل أنواع الأسمنت فيما عدا الأسمنت الأبيض.

● مصدر لثالث أكسيد الكبريت (SO_3) ويحصل عليه بإضافة الجبس أو الأنهيدريت.

وهناك نوعية من الحجر الجيري غير النقي، يطلق عليه اسم صخر الأسمنت (cement rock) لا يتطلب أي إضافات، وذلك لاحتواءه على النسب المطلوبة من الجير والسيليكا والألومينا وغيرها من المتطلبات. وهناك بعض المواد غير المرغوبة التي قد توجد في الخامات المضافة وهذه تقلل من قيمة الخامات ومنها المغنيسيا MgO إذا زادت عن نسبة معينة، وأكسيد الفوسفور P_2O_5 إذا وصلت إلى ١,٠٪.

ولصناعة طن من الأسمنت يلزم الآتي:

٢٥٣٠ رطلاً من الحجر الجيري و٦٧٠ رطل طين أو طفال تحتوي على الآتي:

٧٥٪ كربونات كالسيوم $CaCO_3$

٤ ٪ كربونات مغنيسيوم $MgCO_3$

١٤٪ سيليكا SiO_2

٥ ٪ أكسيد حديديك Fe_2O_3

١ ٪ شوائب

ثم إزاحة ثاني أكسيد الكربون والماء من الخليط وذلك برفع درجة الحرارة إلى ١٤٨٠ درجة مئوية.

وفي المملكة العربية السعودية، مع بداية مشروعات التعمير والإنشاء والتنمية، أقيم أول مصنع للأسمنت في جدة بطاقة ٣٠٠ طن في اليوم في ١٩٥٨م، وفي بداية الخطة الخمسية الأولى للتنمية في عام ١٩٧٠م ظهرت الحاجة الشديدة لتصنيع الأسمنت بالمملكة على أساس من توافر المواد الأولية، وبذا زادت إنتاجية مصنع جدة حتى وصلت إلى ٤٠٠٠ طن في اليوم. وكانت نتيجة هذه الجهود أن قامت في المملكة حاليا تسعة مصانع للأسمنت، موزعة في أنحاء المملكة المختلفة بالقرب من مدنها الرئيسة وفي مواقع توافر الخامات الأولية، بيانها كالآتي (شكل ٥٠):

١ - شركة أسمنت تبوك في ضبا بطاقة ٢٢٠٠ طن في اليوم.

٢ - الشركة العربية للأسمنت في رابغ بطاقة ٥٠٠٠ طن في اليوم.

٣ – شركة ينبع للأسمنت في ينبع بطاقة ٧٠٠٠ طن في اليوم .
٤ – شركة أسمنت الجنوب في جيزان بطاقة ٥٠٠٠ طن في اليوم .
٥ – شركة أسمنت اليمامة في الرياض بطاقة ٨٧٠٠ طن في اليوم .
٦ – شركة أسمنت القصيم في بريدة بطاقة ٤٢٠٠ طن في اليوم .
٧ – الشركة السعودية للأسمنت في الهفوف بطاقة ٥٣٠٠ طن في اليوم .
٨ – الشركة السعودية البحرانية للأسمنت في أبقيق بطاقة ٦٠٠٠ طن في اليوم .
٩ – الشركة السعودية الكويتية للأسمنت في الخفجي بطاقة ١١٠٠٠ طن في اليوم .

تتوافر المواد الأولية اللازمة (الحجر الجيري المناسب والصلصال والجبس في مناطق عديدة من المملكة وبالقرب منها قامت المصانع المذكورة ، ومن أهم هذه المواقع منطقة بريدة (٣٠٠ كم إلى الشمال الغربي من الرياض) حيث يحتوي متكون الخف (Khuff formation) على المواد الخام اللازمة وكذلك في منطقة ينبع البحر ، ورابغ ، وعدد من المواقع بالقرب من جيزان ، والرياض ، وتبوك .

الجبس والأنهيدريت Gypsum and Anhydrite

للجبس أهمية قصوى في أغراض البناء والتشييد في حين يكاد يكون الأنهيدريت غير ذي فائدة في هذا المجال ، والفرق بين المعدنين يعود إلى وجود جزيئين من الماء في الجبس ($CaSO_4.2\ H_2O$) وغيابهما في الأنهيدريت ($CaSO_4$) ، مما يؤدي إلى اختلاف السلوك الحراري في المعدنين ، فبينما يكون الأنهيدريت خاملا في درجات الحرارة المتوسطة يفقد الجبس ثلاثة أرباع ما به من ماء ويتحول إلى هيميهيدرات ($CaSO_4.\ 1/2\ H_2O$) أو عجينة باريس (plaster of paris) الناتج المتوسط الذي بني عليه أكثر من ٩٠٪ من المنتجات النهائية لكبريتات الكالسيوم .

تدل الدراسات الأركيولوجية ، على أن بلاستر الجبس قد استخدم في مصر القديمة منذ ما لا يقل عن ٥٠٠٠ سنة ، حينما اكتشف المصريون القدماء أن تعريض الجبس للنار يحوله إلى مسحوق قابل للامتزاج بالماء ليتحول إلى عجينة ملاطية يمكن استعمالها كغطاء ناعم للجدران تسهل الكتابة والحفر عليه .

استخدم الجبس منذ أيام الحرب الأهلية الأمريكية ، كمحسن لصفات التربة

حيث كان الصخر يطحن ويضاف إليها، وما زال هذا المجال من أهم استخدامات الجبس.

وفي المملكة العربية السعودية يوجد الجبس والأنهيدريت (ويهمنا الجبس هنا) في مناطق عديدة من الغطاء الميوسيني في تهامة، وفي الغطاء الرسوبي في المنطقة الشرقية وحتى شواطئ الخليج، وعليها قامت صناعة الجبس بالمملكة. وأهم مناطق وجود الجبس هي (شكل ٥٠):

- مقنا وجبل رغامة : رواسب ذات إمكانيات اقتصادية من الجبس.
- طويل الكبريت : يصل سمك قطاع الجبس عدة مئات من الأمتار، احتياطيات هائلة يصاحبه بعض الكبريت الطليق.
- خشم أم حويد جنوب الدمام : ٥ مليون طن من الجبس النقي للغاية (٩٦٪ جبس).
- مراغة : ١٥ مليون طن جبس في طبقات ١٠ - ١٥م سمكا.
- بالإضافة إلى رواسب الجبس والأنهيدريت في الخرج وينبع ورابغ وجيزان.

مواد العزل الحراري والصوتي Insulating Materials

يمكن وضع أهم المواد المستخدمة في أغراض العزل الحراري والصوتي في مجموعات ثلاث هي :

أ - البرليت perlite

ب - الفرميكوليت vermiculite

ج - الأصواف السيليكاتية silicate wools

أ - البرليت هي ألومينوسيليكات غير متبلورة، توجد على هيئة لابة فلسية زجاجية، تتميز بالبريق اللؤلؤي والمكسر المحاري، ويستخدم الاسم التجاري لوصف الزجاج البركاني الحمضي، المحتوى على ٢ إلى ٥٪ من الماء المتحد . يمكن تحويل هذا

الزجاج البركاني إلي كتلة رغوية بالتسخين السريع إلى درجة التليين (softening point) حيث يزداد حجمه عشر مرات. ويشمل هذا التعريف أيضا البيومس (pumice) والذي قد يستخدم في نفس الأغراض ولكنه لا يحتوي على ماء. ولأن البرليت والبيومس معرضة للتغير بفعل العوامل الجيولوجية وخاصة عمليات إزالة التزجج (devitrification) التي تحولها إلى صخور دقيقة التحبب من الكوارتز والفلسبار، لذا فإن كل الرواسب المستغلة يرجع عمرها إلى النشاط البركاني في الرباعي وأواخر الثلاثي فقط. توجد أجسام البرليت على هيئة فيوض، أو قواطع ، أو قباب لابة، كما قد توجد على هيئة حواشي محيطة بالبركانيات أو المحقونات القريبة من السطح.

ب - الفيرميكوليت، يشير الاسم فرميكوليت إلى مجموعة من معادن الميكا تركيبها ألومينوسليكات فيرومغنسيومية، ولها خاصية التشقق إلى صفائح رقيقة متعددة مع زيادة حجمها مرات عدة عند تسخينها (من ٨ إلى ١٢ مرة في النوعيات المناسبة تجاريا).

يتكون الفرميكوليت بعدة طرق، أهمها التغير الحرمائي للبيوتيت، وتأتي أهم رواسبها من البجماتيت القاعدي أو البيروكسينيت القلوي أو محقونات الكربوناتيت. يسخن الفرميكوليت تحت درجات حرارة محكومة ليتشقق ويتمدد ويصبح مناسبا لاستعماله كمواد عازلة للصوت وللحرارة ، وكذلك كمادة مغلفة حول بعض المنتجات الحساسة للنقل.

ج - الأصواف السيليكاتية ، أما الأصواف السيليكاتية فهو اسم تجاري لعدد من المواد الليفية المصنوعة من مواد أخرى مثل خبث الأفران، أو الزجاج الطبيعي، أو من بعض صخور الحجر الجيري الطيني التي تناسب الغرض.

مواد العزل في المملكة العربية السعودية

من العرض السابق يتبين أن مواد العزل الحراري أو الصوتي هي مواد مصنعة في الأساس، تعتمد على مواد خام من السهل توافرها. وحتى الآن لم تقم مثل هذه الصناعة بالمملكة، ربما بسبب محدودية سوق التوزيع ، وربما أيضا لعدم توافر المواد الخام المناسبة قريبا من المراكز الصناعية ومجالات التسويق. فالبرليت غير متوافر في

المملكة لأن معظم النشاط البركاني الثلاثي أو الرباعي بها كان بازلتي التركيب ، والزجاج الفلسي الأقدم متحول إلى صخور دقيقة الحبيبات لا تصلح للصناعة والموقع الوحيد الذي اكتشف فيه البرليت هو حرة شاما (شكل ٥٠) على بعد حوالي ١٠٠ كم جنوب جنوب شرق جدة على ساحل البحر الأحمر خاصة في جبل شاما والمنطقة المحيطة به . وأفضل موقع لوجود خام البرليت يقع تحت الطرف الجنوبي الغربي من الحرة في تلال منخفضة متوازية تأخذ اتجاه شمال شمال غرب في صخور الريوليت من عصر الميوسين الثلاثي . ويعتبر الخام من النوع الجيد ويقدر الاحتياطي بحوالي مليون طن محتملة و١٠٠ ألف طن مؤكدة . (Laurant 1993) . أما الفيرميكيوليت فلم تعرف بالمملكة رواسب ذات بال منه .

الفصل الرابع

المواد الميتاليرجية الصاهرة والمقاومة للصهر

Metallurgical Fluxing and Refractory Materials

■ الفلوريت ■ الجرافيت ■ الجير والحجر الجيري ■ المجنيزيت

الفلوريت Fluorite (CaF_2)

الفلوريت معدن مهم في صناعة الصلب، إذ يستخدم نحو ٣٣٪ من الإنتاج العالمي من المعدن في أفران تجهيز الصلب، حيث يقوم بتسهيل عملية الصهر وانتقال الشوائب غير المرغوبة، مثل الكبريت والفوسفور، إلى الخبث، كما يستخدم حوالي ١٨٪ منه في صناعة حمض الهيدروفلوريك HF ، الذي يستخدم في تحضير الكريوليت اللازم لصناعة الألومنيوم، ويستعمل الباقي منه في صناعات كيميائية متعددة.

يوجد الفلوريت في الصخور النارية الجرانيتية خاصة في مناطق التحول الميتاسوماتي (في الجريزن (greisens) والعروق المنتسبة لها) كما يوجد في صحبة صخور الكربرناتيت (carbonatites) ،مثل محقون مونتن باس في كاليفورنيا، كما يوجد الفلوريت في الصخور البركانية الرسوبية مع الطَّف، وقد يوجد في الأملاح التبخيرية المتكونة في المناطق الأخدودية.

بلغ إنتاج العالم من الفلوريت حوالي ٥ مليون طن من المعدن، يأتي معظمها من الولايات المتحدة، والمكسيك، وأسبانيا ، وإيطاليا ، وكينيا، والصين، والأرجنتين. ويعتبر الفلوريت أهم مصادر عنصر الفلور، حيث يحضر منه حوالي ٥٠٪ من الكميات المطلوبة من الفلور، ويأتي باقي إنتاج الفلور أساسا من الصخور الفوسفاتية لوجود معدن الفلورأباتيت.

الفلوريت في المملكة العربية السعودية

يوجد الفلوريت على هيئة عروق (veins) مصاحبا للمحقونات الجرانيتية القلوية في كثير من المناطق بالمملكة (Lhegu 1981)، وأهم أماكن وجوده هي الآتية :

١) عبلة Ablah

يقع فلوريت عبلة على خط عرض ١٠َ ٢٠ْ شمالا وخط طول ٥٥َ ٤١ْ شرقا (شكل ٥١)، حيث يوجد أنبوب صغير (٢٢×١٧م) من الفلوريت مصاحبا لمركب سيانيتي، ويوجد بأنبوب الفلوريت بعض العدسات من البيريت والكلكوبيريت والسفاليريت والموليبدنيت، ويرتبط هذا الأنبوب بنطاق من البجماتيت النطاقي (zoned pegmatite) شديد التهشم. ويعتقد البعض أن التمعدن في عبلة هو من نوع جريزن (greisen) لوجود تمنطق تغير ميتاسوماتي في محقون عبلة.

والفلوريت الموجود في الأنبوب من نوعية ممتازة، حيث يزيد محتواه من CaF_2 عن ٩٧٪، وقدرت الاحتياطيات حتى عمق ٥٠ متراً بحوالي ٢٠,٠٠٠ طن. وحفرت بالمنطقة حفرة ماسية واحدة قابلت فلوريتًا منثوراً فانخفضت نسبة CaF_2 إلى ٢ – ٣٪، ومن المحتمل أن هذه الحفرة قد أخطأت الأنبوب نظراً لصغر حجمه (Cartier 1983).

٢) هضب الدياحين Hadb Diaheen

يقع فلوريت هضب الدياحين على خط عرض ٣٢ً ٣٠َ ٢٣ْ شمالا وخط طول ١٣َ ٤١ْ شرقا (شكل ٥١)، حيث يوجد عرق من الكوارتز البريشي الملحوم بالفلوريت عند الحافة الجنوبية لجبل هضب الدياحين الجرانيتي. ويصل عرض العرق إلى حوالي ٥م ويمتد إلى ما يتجاوز ٢٠٠م باتجاه ٦٠ْ إلى الشرق من الشمال ويميل إلى الشمال ميلا شبه رأسي. ويختفي العرق تحت رواسب الوادي في امتداده الشرقي في حين يقل سمكه حتى يتلاشى في الناحية الغربية.

والجرانيت المصاحب له الفلوريت جرانيت صودي، يتراوح بين قلوي إلى فوق قلوي، محقون في صخر جوفي مضيف يعرف بتوناليت الحفيرية.

وكمية الفلوريت الموجودة محدودة تقدر بـ ١٥٠,٠٠٠ طن تحتوى على حوالي ٣٥٪ CaF_2 إلى عمق ٥٠م، والفلوريت موجود كمادة لاحمة للكوارتز البريشي أو

كعروق دقيقة لا يتعدى سمكها ١٠ سم في العادة (Cartier 1984) .

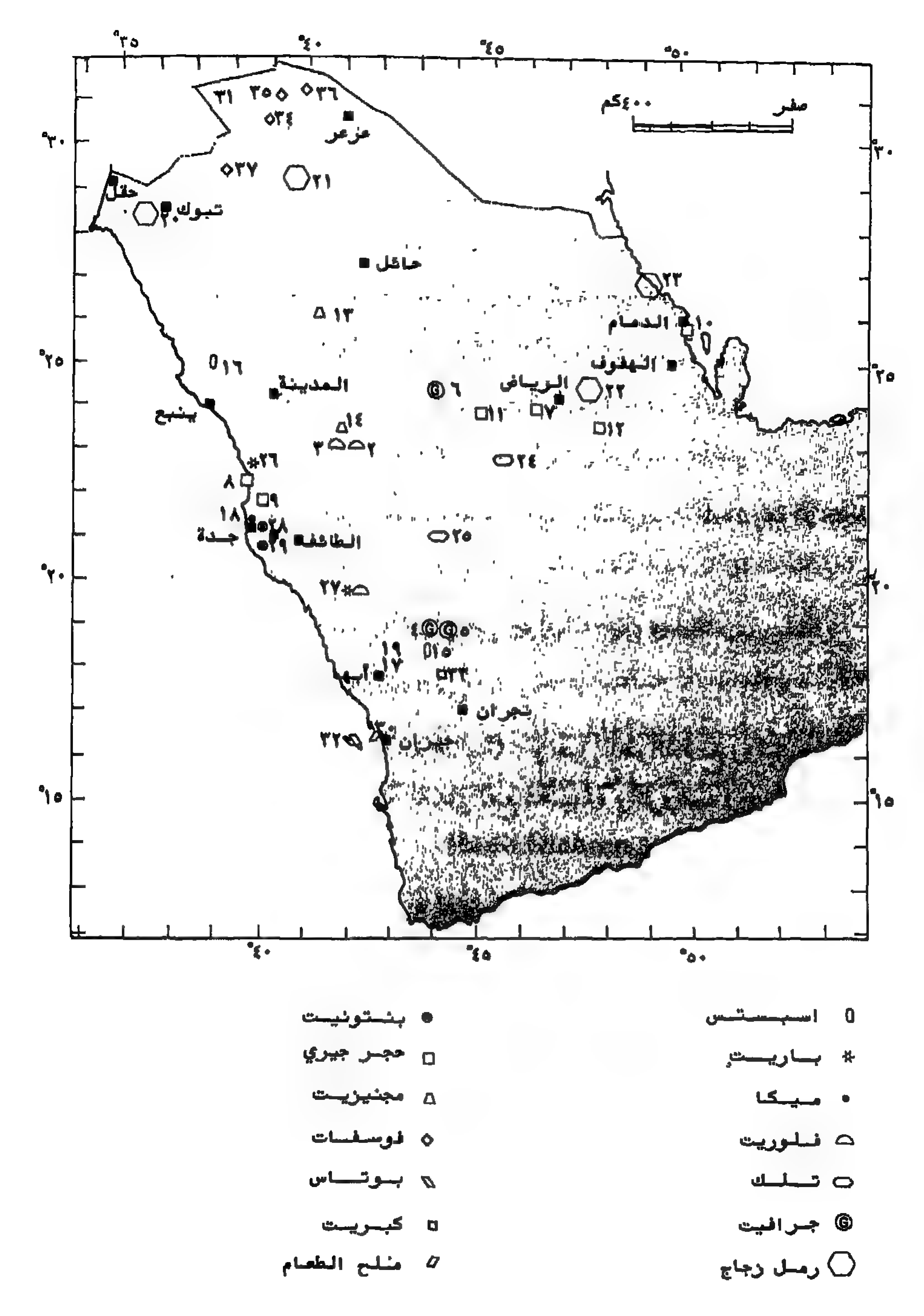
٣) هضب الشرار Hadb Ash Sharar

يقع جبل هضب الشرار على خط عرض ٥٠َ ٢٣ْ شمالا وخط طول ١٣َ ٤١ْ شرقًا (شكل ٥١)، حيث وجدت بعض عروق من الفلوريت - كوارتز تضرب بإتجاه شرق - غرب تقريبا في جرانيت هضب الشرار، كما وجد الفلوريت كمعدن إضافي في النطاق البجماتيتي المشع في الحافة الشمالية للجرانيت.

وتمتد المنطقة المتمعدنة لمسافة طويلة ويصل سمك بعض العروق إلى ٤٠ سم أو أكثر، إلا أن القيمة الاقتصادية للمنطقة غير ذات بال في الوقت الحاضر .

بالإضافة إلى هذه المواقع ، عُرفت بعض عروق الفلوريت المحدودة الامتداد في مناطق عديدة منها :

- الجانب الشرقي والجنوبي الشرقي من جرانيت جبل صايد .
- جبل هوشات والحفيرة بالدوادمي .
- جبل حسلة وجبل عوجة (مع جالينا) ، وجبل الطوالة (مع روتيل وزركون)، وصخيرة و جبل شدارة وجذيبة العفر (مع ذهب)، والروضة وجبل الرقب (مع تنجستن) بمنطقة ظلم .
- جبل تيران (مع باريت)، وجبل حمزة (مع باريت)، وجبل الزهد (مع موليبدنم) في منطقة مدين .
- جبل أجا وجبل بشرى (مع تنجستن)، وجبل وصمة (مع كبرتيدات رصاص وزنك) بمنطقة حايل .
- جبل حبة (مع روتيل)، وجبل ذات رجوم (مع موليبدنم) في منطقة جدة .
- العقيق (مع باريت) وجبل بيون في منطقة عسير .



شكل (٥١) خريطة توضح أهم مواقع وجود المواد الميتاليرجية والمقاومة للصهر والصاهرة والمعادن والمواد الصناعية ومعادن الصناعات الكيميائية في المملكة العربية السعودية .

تابع شكل ٥١
بعض أهم مواقع المواد الميتاليرجية الصاهرة والمقاومة للصهر والمعادن والمواد الصناعية ومعادن الصناعات الكيميائية

الفلوريت
١ - عبلة
٢ - هضب الدياحين
٣ - هضب الشراز

الجرافيت
٤ - وادي رخيمان
٥ - وادى مروة
٦ - عرجا - الدوادمي

الجير والحجر الجيري
٧ - الرياض
٨ - رابغ
٩ - فرسان
١٠ - الدمام
١١ - خانوقة
١٢ - أم الغربان

المجنزيت
١٣ - ظرغط
١٤ - جبل الرخام

الإسبستوس
١٥ - الهجيرة (حمضة)
١٦ - العيس (خشم نعبون)

الميكا
١٧ - خميس مشيط
١٨ - وادي قديد
١٩ - جبل المنعة

رمل الزجاج
٢٠ - تبوك
٢١ - الجوف
٢٢ - الدغم
٢٣ - الجبيل

التلك
٢٤ - الأمار
٢٥ - غرّب

الباريت
٢٦ - أم جراد (رابغ)
٢٧ - العقيق

البنتونيت
٢٨ - خليص
٢٩ - عسفان

الملح والبوتاس
٣٠ - جيزان
٣١ - قريات الملح
٣٢ - جزيرة فرسان

الكبريت
٣٣ - وادي وسط

الفوسفات
٣٤ - سنام
٣٥ - أم وعال
٣٦ - الجلاميد
٣٧ - الثنيات

الجرافيت Graphite (C)

الجرافيت هو أحد الصور الطبيعية المتبلّـرة للكربون. واستخدم منذ فترات سابقة في تجهيز أقلام الرصاص، حيث اعتبره الأقدمون وبطريق الخطأ من الرصاص اللين (soft lead)، أو الرصاص الأسود (black lead). وتتراوح نقاوة الجرافيت في الطبيعة بين ٣٠ و ٩٨٪، وتحتوى رواسب الجرافيت المنثور (disseminated graphite) ما بين ٥ ,٢ و٧٪ كربون.

يتميز الجرافيت بارتفاع درجة انصهاره (٣٠٠٠م) وكذلك عدم ذوبانه في الأحماض، وبسبب ذلك يستعمل في صناعة البواتق، وبطانات أواني الصهر، بالإضافة إلى استعماله في انتاج مواد التشحيم، ومواد الطلاء، وصناعة الصلب، وبطانات المكابح، وأقلام الرصاص وغيرها من الأغراض. وحديثا تم إنتاج جرافيت صناعي حيث يمزج زيت البترول وفحم الكوك والأنثراسيت في أفران عالية الحرارة. وقد بلغ إنتاج الجرافيت الصناعي سبعة أمثال الجرافيت الطبيعي. ،بالرغم من ارتفاع تكلفة الجرافيت المحضر صناعيا، إلا أنه السبيل الوحيد لتجهيز جرافيت على درجة كافية من النقاء تسمح باستخدامه في صناعة أعمدة التحكم في التفاعل في المولدات النووية. أو كأقطاب في الصهر الكهربائي لبعض الفلزات.

ويوجد الجرافيت في الصخور المتحولة أو النارية أو الرسوبية حيث يتكون بإحدى الطرق الآتية:

١ - بالتركيز من الصهارة (magmatic concentration).

٢ - بالتحول البيروميتاسوماتي في مناطق التماس (contact pyrometasomatism).

٣ - بالترسيب من المحاليل الحرمائية على صورة عروق وأحمال (hydrothermal deposition).

٤ - بعمليات التحول الإقليمي للصخور المحتوية على بعض المواد الكربونية (regional metamorphism).

وأغلب الجرافيت المستخرج في العالم تكوّن من خلال عمليات التحول الإقليمي هذه.

الجرافيت في المملكة العربية السعودية

يوجد الجرافيت ضمن مكونات الشست المتحول إقليميا عن رسوبيات كان بها بعض المواد العضوية في المناطق الجنوبية من الدرع العربي، لكن لم تصل كمية الجرافيت إلى المستوى الذي يجعلها اقتصادية الاستغلال (حوالي ٥٪ كربون).

وأهم مناطق وجود الجرافيت بالمملكة هي :

- منطقة عرجة بالدوادمي ضمن صخور شست متكون العبط .

- وادي ارخيمان في منطقة تثليث على بعد ١٩ كيلو متراً شمال شرق موقع تمعدن الشايب للزنك . يحتوي وادي أرخيمان على طبقات متقطعة من الجرافيت لمسافة ٢ كيلو متر وبعرض يصل إلى ٤٠ متراً في صخور الشست المطوية والمقطوعة بقواطع من البجماتيت والجرانيت . يقدر الاحتياطي بحوالي ٤٦٠ مليون طن من النوع المنخفض الدرجة والذي يمكن تحسينه بطرق متقدمة من الفصل الميكانيكي (Laurent 1993)

كما يوجد في وادي مروة في منطقة تثليث وفي خشبان الحاوى في منطقة بيشة من نوع الشست الجرافيتي المنخفض الدرجة .

الجير والحجر الجيري Lime & Limestone

يتزايد استخدام الجير والحجر الجيري في الصناعات الميتاليرجية كمادة صاهرة في أفران استخلاص الفلزات، خاصة أفران الحديد والفلزات غير الحديدية، حيث تقوم بإزاحة السيليكا وتكوين خبث قاعدي تتجمع فيه الشوائب المنفصلة عن الفلز .

وفي أفران صهر الحديد، ومع زيادة استخدام الحديد الخردة (scrap) تتزايد كمية الجير المضافة . كما يستخدم الجير في عمليات التعويم (floatation) أثناء تركيز الخامات لإحداث وسط قلوي، وأيضا يستخدم في استخلاص الذهب بالسيانيد لمعادلة الأملاح الحمضية القابلة للذوبان ولترسيب المواد العالقة .

والجير الذي يجهز بحرق الحجر الجيري في قمائن خاصة، له استخداماته الواسعة في الصناعات الكيميائية، بالإضافة إلى ما سبق .

الجير والحجر الجيري في المملكة العربية السعودية

وفي المملكة العربية السعودية - حيث يتوافر الحجر الجيري في صخور الغطاء

الرسوبي (شكل ٥١) ويتوافر الغاز الطبيعي اللازم لحرق الحجرالجيري وتحضير الجير- لا تكون المشكلة هي توافر المادة الخام ولكن مواصفات هذا الخام. ويجري دائما تقييم لمواصفات كل موقع مستغل للحجر الجيري لتحديد الاستخدام الأمثل لهذا الراسب.

المجنيزيت Magnesite ($MgCO_3$)

يستخدم المجنيزيت بصفة أساسية كمادة خام لصناعة المغنسيوم ومركباته الكيميائية المختلفة، كما يستعمل المعدن في بعض أغراض البناء والتشييد، وكذلك في الصناعات الميتاليرجية.

فعند طحن الخام وخلطه ببعض المواد الأخرى، يكون مادة لتغطية الحوائط لا تنكمش ولا تنتج غباراً، ومقاومة للحريق. وبعد حرق المعدن يستعمل كمادة مقاومة للصهر (refractory) في الصناعات الميتاليرجية.

يبلغ الإنتاج العالمي حوالي ١٢ مليون طن، يأتي معظمه من الاتحاد السوفييتي ومنشوريا. وتوجد ثلاثة أنواع من رواسب المجنيزيت.

١ - نواتج إحلالية (replacement) حيث يدخل عنصر المغنيسيوم في صخور الدولوميت أو الحجر الجيري.

٢ - عروق (veins) أو شبكة عريقات (stockwork) مصاحبة عادة للصخور فوق القاعدية المتحولة إلى سربنتينيت (serpentinite) وهذه إما أن تكون بلورية أو غير بلورية.

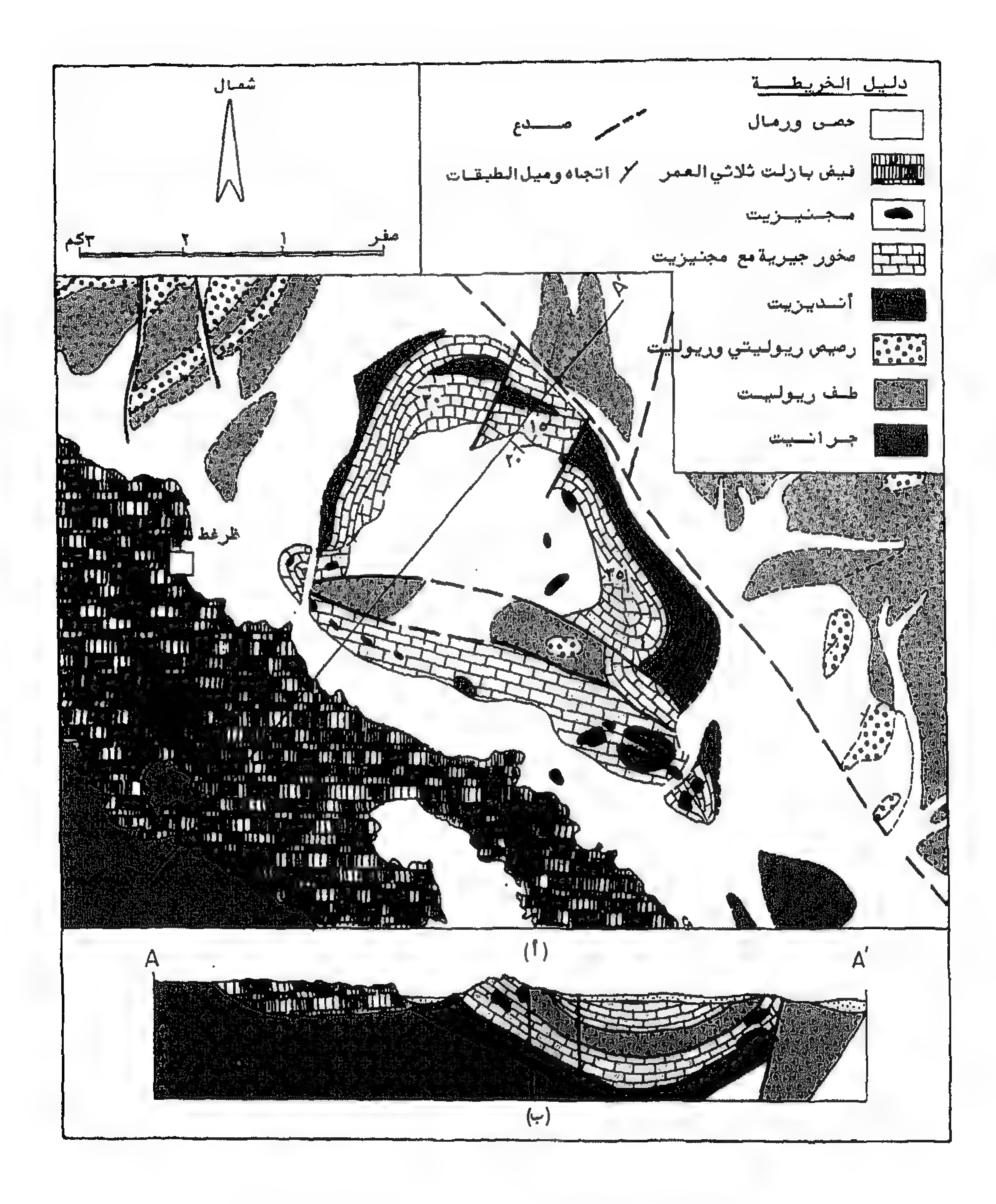
٣ - طبقات رسوبية (true sedimentary beds) - نادرة، ومن أمثلتها رواسب نيفادا في الولايات المتحدة. وهي عادة ما تتكون في أحواض مقفلة مع المتبخرات (evaporites) أو في ظروف السبخة.

المجنيزيت في المملكة العربية السعودية

يوجد المجنيزيت في منطقتين رئيسيتين (شكل ٥١) وهما:

١) ظرغط Zarghat

تقع على بعد ٥٧٠ كم شمال شرق جدة، على خط عرض ٣١ َ ٢٦ ْ شمالاً وخط طول ٣٥ َ ٤٠ ْ شرقاً. وتتبع الصخور الحاوية على المجنيزيت في هذه المنطقة مجموعة



شكل (٥٢) أ – خريطة جيولوجية لتمعدن المجنيزيت في منطقة ظرغط . معدلة من Delfour (1970) .

ب – قطاع جيولوجي تخطيطي عبر المتكون الحاوي لتمعدن المجنيزيت .

جبلة(Jibalah group) الموجودة عادة كأحواض ترسيبية صغيرة في صخور الدرع العربي. وتغطي الحرات البازلتية من عصر الثلاثي والرباعي أجزاء من هذه المنطقة (شكل ٥٢) (Brosset 1970).

يوجد المجنيزيت على هيئة طبقات عدسية متبادلة مع دولوميت وحجر جيري، تكون الجزء الأعلى من تتابع مطوي ومتأثر بالصدوع من الكونجلوميريت والطف الأنديزيتي، والحجر الرملي الناعم، وحجر جيري دولوميتي، وهذه الصخور تكوّن تلآلا صغيرة لا ترتفع لأكثر من ١٦م عن السهل المحيط بها.

تقدر كمية الخام الموجود بحوالي ستة ملايين طن، ويعتبر الخام من النوع الجيد الذي يفوق محتواه من أكسيد المغنسيوم (MgO) نسبة ٨٠٪ (Delfour 1970 و Brosset 1970).

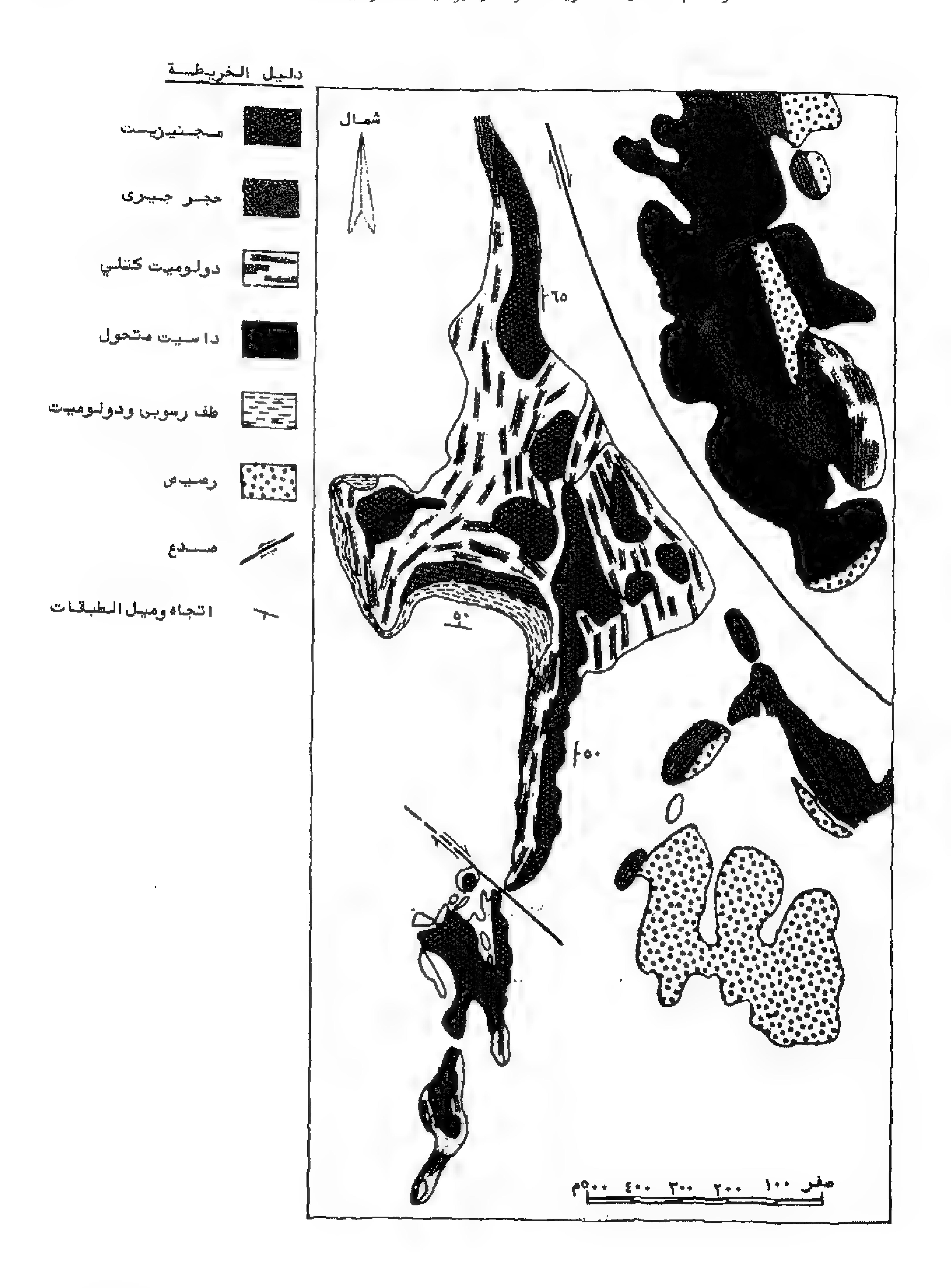
٢) جبل الرخام Jabal Ar-Rokham

يقع في خط عرض ٥٠َ ٢٣ْ شمالا وخط طول ١٩َ ٤١ْ شرقا، وعلى بعد حوالي ٦٠ كم شمال شرق قرية مهد الذهب.

يوجد المجنيزيت في موقعين يرتفع أحدهما إلى حوالي ١٠٠ متر فوق السهل المحيط. ويبلغ سمك طبقة المجنيزيت في الموقع الشمالي، حوالي ١٠٠ متر وتأخذ طبقته اتجاه شمال جنوب وتميل للشرق بحوالي ٥٠ْ. أما في الموقع الجنوبي فيكون المجنيزيت جسما رفيعا رأسيا يميل ميلا شبه رأسي إلى الشرق.

وتحيط برواسب المجنيزيت رسوبيات الحجر الجيري الدولوميتي البني، أو الدولوميت الأزرق أو الرمادي. وهذه تعلو صخوراً رسوبية متحولة من الشست والإردواز، والكوارتزيت، والجرايواكي (شكل ٥٣). وجسم المجنيزيت في الجزء الجنوبي أبيض اللون غالبا، ولكن الألوان الرمادية والوردية موجودة أيضا، وهو هنا غير بلوري، ولكنه خشن الحبيبات في بعض الأحيان خاصة عندما يصاحبه الكالسيت في عريقات دقيقة. ويوجد بجسم المجنيزيت أحيانا بعض التلك والكلوريت والسربنتين وكذلك بعض العدسات من الدولوميت الأحمر أو البني (Bokhari 1979).

يعتقد بأن المجنيزيت هنا، قد تكوّن بطريقة الإحلال التفاضلي (differential replacement) لصخور الدولوميت. ودلت الدراسات التفصيليه



شكل (٥٣) خريطة جيولوجية لتمعدن المجنيزيت في جبل رخام. معدلة من (1979) Bokhari .

وأعمال الحفر الماسي في المنطقة على وجود السمك والرتب المثبتة الآتية في المنطقة :

بئر رقم (١) : ٣٠ متراً من خام يحتوي ٤٥٪ MgO ، ١٧٪ SiO_2 ، ١,٢٪ CaO

بئر رقم (٢) : ١٥ متراً من خام يحتوي ٤٢,٨٪ MgO ، ٢,٢٪ SiO_2 ، ٢,٥٪ CaO .

بئر رقم (٣) : ٥١ متراً من خام يحتوي ٤٥٪ MgO ، ٢,٢٪ SiO_2 ، ٢,٤٪ CaO .

بئر رقم (٤) : ١٨ متراً من خام يحتوي ٤٣,٧٪ MgO ، ٤,٧٪ SiO_2 ، ١,٨٪ CaO .

ولا تكفي بيانات الحفر هذه لتقييم الراسب تقييما دقيقا ، لكن انخفاض رتبة المجنيزيت هنا (مقارنة براسب ظرغط) لم تشجع على استكمال أعمال الحفر والتقييم تحت الظروف السائدة (Maclean and Khalek 1962) .

هذا وأمكن تقدير الاحتياطي التقريبي بعد ذلك بـ ٧ ملايين طن تحتوي على نسبة ٤٠ - ٤٥٪ MgO (Conreaux 1969) .

الفصل الخامس

المعادن والمواد الصناعية

Industrial Minerals and Materials

■ الأسبستوس ■ رمل الزجاج ■ الميكا ■ التلك ■ الباريت
■ البنتونيت.

الأسبستوس Asbestos

اسم تجاري يطلق على المعادن السيليكاتية الليفية (fibrous) التي يمكن فصلها إلى ألياف ذات مرونة وقوة شد تسمح باستخدامها في أغراض متعددة، تتوقف على قابلية الألياف للغزل، فالألياف القابلة للغزل تستخدم في صناعة خيوط تنسج إلى نوعيات من الأقمشة لتبطين مكابح السيارات، وأقراص أجهزة غيار السرعة. بالإضافة إلى الملابس غير القابلة للحريق، وستائر المسرح، ومئات الاستخدامات الأخرى. أما النوعية ذات الألياف الأقصر والأقل مرونة وغير القابلة للغزل، فتستخدم في صناعة موانع التسرب، وتبطين الأفران، وصناعة ألواح الأسمنت المدعم بالأسبستوس، والعوازل الكهربائية، واستخدامات عديدة غير ذلك.

وتحت الاسم أسبستوس يدرج العديد من المعادن، تقسم إلى مجموعتين : أسبستوس سربنتيني (serpentine asbestos) ويمثله المعدن (chrysotile)، وأسبستوس أمفيبولي (amphibole asbestos) ويمثل الأنثوفيليت (anthophyllite) والكروسيدوليت (crocidolite) والأموزيت (amosite) والتريموليت (trimolite) والأكتينوليت (actinolite) .

والكريزوتيل هو أهم الأنواع وأكثرها استخداما، حيث إن أليافه دقيقة وحريرية

بالإضافة إلى قوتها وسهولة غزلها ونسجها، ويمكن أن تتحمل درجة حرارة تزيد على ٢٥٠٠ درجة مئوية. ويمثل الكريزوتيل أكثر من ٩٠٪ من الأسبستوس المستخدم في الصناعة.

يتكون الكريزوتيل في صخور السربنتين الناتجة عن تحول الصخور فوق القاعدية (٩٣٪ من إنتاج العالم من الكريزوتيل) أو عن التحول الحراري لصخور الدولوميت (٧٪).

والأسبستوس من أخطر المواد التي تعامل معها الإنسان إذ إنه سبب مؤكد لسرطان الرئة، ومن هنا تتخذ الاحتياطات اللازمة عند التعامل معه.

الأسبستوس في المملكة العربية السعودية

سجل وجود أسبستوس الكريزوتيل في جميع أجسام الصخور فوق القاعدية التي تحولت إلى سربنتينيت، ولكن وجوده يكوّن دائمًا كميات قليلة وبنوعية تختلف من موقع لآخر. وأهم أماكن وجود الأسبستوس (كريزوتيل غالبا) في المملكة هي :

١) تثليث – حمضة Tathlith-Hamdah

وتقع بين خطي عرض ٣٠َ ١٨ْ ، ١٩ْ شمالا وخطي طول ٣٠َ ٤٣ْ و ٤٤ْ شرقًا (شكل ٥١) يوجد في هذه المنطقة العديد من أجسام الصخور فوق القاعدية التي تحول بعضها إلى سربنتينيت، خاصة بالقرب من حدود التماس مع قواطع ومحقونات الجرانوديوريت.

توجد معادن الأسبستوس (كريزوتيل في الهجيرة وأنثوفيليت في حمضة) على هيئة عروق وشبكة عريقات غير محدودة الاتجاه في كتل السربنتينيت. وفي كل المواقع التي تمت دراستها بالمنطقة، وجد أن الأهمية الاقتصادية معدومة تقريبا، ربما لأن عملية تحول الصخور فوق القاعدية إلى سربنتين لم تكن كاملة.

٢) العيس (جبل الوصق) Al-Ays (Jabal Al-Wasq)

وتقع على خط عرض ١َ ٢٥ْ شمالا وخط طول ٥٨َ ٣٧ْ شرقا (شكل ٥١) حيث توجد الصخور المتحولة إلي سربنتينيت في هذه المنطقة وفيها حددت خمسة مواقع لوجود الكريزوتيل، والألياف ذات اتجاه محدد أو على هيئة جيوب صغيرة،

وتبلغ نسبتها في الصخر ما بين ٢ : ٣٪ وأفضل المناطق هي الموجودة على الحد الجنوبي لكتلة تعرف باسم جبل خشم نعبون، ويبلغ مساحتها حوالي ٦٠٠ متر مربع ويعمق ٥٠ متراً، وتحتوي على حوالي ٣٪ من الكريزوتيل، وهي كمية أقل كثيراً من أن تشكل راسبا اقتصاديًا.

وبالإضافة ، وجد الكريزوتيل بكميات ضئيلة في :

■ جبل راوَه (١٠َ ٢٨ْ شمالا ، ١٥َ ٣٥ْ شرقا) : بعض عروق الكريزوتيل، قد يصل عرضها إلى ١ سم في قاطع من السربنتينيت.

■ وادي خمال (كمال) (١٨َ ٢٤ْ شمالا، ٥٧َ ٣٥ْ شرقا) : دونيت متحول إلى سربنتينيت به كميات ضئيلة من الكريزوتيل سيىء النوعية.

■ بير عُمْق (٥٨َ ٢٣ْ شمالا ، ٥٤َ ٤١ْ شرقا) : آثار من الكريزوتيل في صخور السربنتينيت.

■ جبل غُرّب (٢٥َ ٢٣ْ شمالا، ٥٤َ ٤١ْ شرقا) : آثار من الكريزوتيل في صخور السربنتينيت.

■ مصينعة (طلوحة) (٣٠َ ٢٥ْ - ٥٥َ ٢٥ْ شمالا، ٥٠َ ٤٠ْ - ٥٥َ ٤٠ْ شرقا) : عروق من الكريزوتيل في بريدوتيت وسربنتينيت، الألياف قصيرة ورغم تقارب العريقات إلا أن الكمية محدودة للغاية حيث إن كتلة السربنتينيت نفسها تبلغ ١٠٠×٥٠ مترا فقط .

■ جبل بَتْران-٣٠َ ٢٣ْ شمالا ، ٧َ ٤٥ْ شرقا) في منطقة إدساس - وادي الجفر : عروق صغيرة من الكريزوتيل في عديد من كتل السربنتينيت الصغيرة، وتكرارية العروق بسيطة وبالتالي فالموقع غير مهم اقتصاديا.

■ جبل تيس (٧َ ٢٣ْ شمالا ، ٥٨َ ٤٤ْ شرقا) : عريقات من الكريزوتيل الذي يقل طول أليافه عن ١ مم في كتلة السربنتينيت لجبل تيس.

وتعتبر المراجع الآتية أهم المراجع لتمعدن الأسبستس في المملكة (Kemp 1977 و Sigrist 1968 و Dadet 1967 و Henry and Lefevre 1967) .

رمل الزجاج (SiO_2) Glass Sands

يصنع الزجاج من الرمل السيليسي مع إضافة كميات قليلة من الصودا والجير والمواد الأخرى. والرمال الصالحة لصناعة الزجاج تحتوي على ٩٥٪ سيليكا على الأقل، لكن الشوائب الموجودة معها هي المهمة إذ إنها تحكم نوعية الزجاج الناتج، فالألومنيوم يجب ألا يزيد عن ٤٪ أو ٠١, ٠٪ بالنسبة للزجاج البصري (optical glass) وأكاسيد الحديد تعطي الزجاج ألواناً خضراء وصفراء، وأكاسيد المنجنيز تعطي ألوانا بنفسجية. كما يجب أن تكون الحبيبات متساوية الحجوم وكلها في مدى المناخل (- ٢٠ و+ ١٠٠). ورمل الزجاج موجود في دول كثيرة، وتنتج الولايات المتحدة حوالي ١٠ مليون طن منه سنويا.

رمل الزجاج في المملكة العربية السعودية

وجد رمل الزجاج في المملكة في مناطق غرب تبوك، والجوف، وغرب بريدة، وجبل البرمة، وجبل الروافة، وحقل روض، وجبل بتره (وادي رتامة) وحرات النهامية ومنطقة الدغم والجبيل. وقد تكون منطقة الدغم هي أهم هذه المناطق.

١) الدغم Ad Dughm

تقع رواسب الرمل الزجاجي بالدغم على مسافة حوالى ٤٥ كم إلى الشرق جنوب شرق من مدينة الرياض (شكل ٥١)، ويوجد الرمل الزجاجي في الجزء القاعدي من متكون البياض التابع للكريتاسي الأسفل، والذي يتكون من حجر رملي نقي مع بعض التداخلات من حجر الحديد وحجر الغرين المختلف الألوان. تتجه طبقات المتكون في اتجاه الشمال الغربي وتميل ميلا طفيفا بزاوية من ١ - ٣° باتجاه الشمال الشرقي ويرجع أصل الرمل الزجاجي إلي رواسب نهرية قديمة حملت من صخور الدرع العربي المنكشفة إلى الغرب من المنطقة.

توجد بالمنطقة طبقتان من الرمل الزجاجي: السفلي متوسطة حجم الحبيبات، والعليا دقيقة الحبيبات، وتتداخل الطبقتان إحداهما في الأخرى تدريجيًا، ويبلغ مجموع سمكها أكثر من ٥ م، ويغطيها غطاء من الرمل والصلصال المفكك لا يزيد سمكه عن المترين مما يسهل عملية الاستخراج. ويتكون رمل الزجاج من حبيبات

الكوارتز الشفافة، عديمة اللون زاوية (angular)، مع وجود بعض الجبس والكالسيت كمادة لاحمة، ونادرا ما يوجد الليمونيت بين مواد اللحام. وأثبتت التحاليل الكيميائية أن الرمل بالمنطقة يحتوي على ٩٩,٣٪ SiO_2 و ٠,٠٢١٪ حديد وبذا ثبتت صلاحيته لإنتاج الأوعية الزجاجية.

قدرت الاحتياطيات بالمنطقة بما يساوي ٢٠٠,٠٠٠ طن لكل ثلاثة أمتار من العمق ومن المتوقع أن يصل مجموع احتياطيات المنطقة إلى عدة ملايين من الأطنان. (Bhutta 1966).

الميكا Mica

هي مجموعة من المعادن تمتاز بوجود انفصام (cleavage) شديد يُسهِّل انفصالها إلى شرائح متناهية الرقة، وكلها سيليكات ألومنيوم مائية، مع كميات من الحديد والبوتاسيوم والصوديوم أو الليثيوم وبعض الكاتيونات الأخرى، تختلف من معدن لآخر داخل المجموعة. والكمية المطلوبة سنويا من الميكا قليلة، إلا أنها أساسية في الصناعات الكهربائية، ولا يمكن استبدالها بمواد أخرى تؤدى نفس الأغراض المطلوبة.

ومعادن مجموعة الميكا الأساسية في الصناعة هي :

اسم المعدن	الاسم التجاري	المكونات الأساسية بالإضافة إلى (Si,Al)
مسكوفيت Muscovite	الميكا البيضاء	البوتاسيوم
فلوجوبيت phlogopite	الميكا الكهرمانية	مغنسيوم وبوتاسيوم
بيوتيت biotite	الميكا السوداء	مغنسيوم وحديد وبوتاسيوم
فرميكوليت vermiculite	جيفرسيت	مغنسيوم وحديد وبوتاسيوم
لبيدوليت lepidolite	ميكا الليثيوم	ليثيوم وحديد وبوتاسيوم وفلور
زينوالديت zinnwaldite	ميكا الليثيوم والحديد	ليثيوم وحديد وبوتاسيوم وفلور
روزكوليت roscoelite	ميكا الفاناديوم	فاناديوم ومغنسيوم وحديد
فوكسيت fuchsite	ميكا الكروم	كـــروم

والمعادن الثلاثة الأولى هي التي تستخدم فقط صناعيا كميكا، في حين تستخدم ميكا الليثوم وميكا الفاناديوم كمصادر لهذه الفلزات، ويستعمل الفرميكوليت بكثرة في

أغراض عزل الصوت والعزل الحراري.

والاستخدام الأساسي للميكا هو في عمليات العزل الكهربائي في الصناعات الإلكترونية (المكثفات ، الصمامات) كما تستخدم الألواح الكبيرة منها في صناعة النوافذ الحرارية.

وهناك جزء كبير من الميكا المنتجة في العالم - الهند والبرازيل وكندا والملاجاشي (مدغشقر) - تستعمل كإضافات لورق الجدران، وصناعة البويات، وكإضافات في صناعة المطاط وغيرها.

وينتج المسكوفيت من صخور البجماتيت الجرانيتية التركيب، والفلوجوبيت من بعض البجماتيت الخالية من الكوارتز في كندا، وتوجد ميكا الليثيوم مصاحبة لرواسب القصدير في نطاقات الجريزن لبعض الأجسام الجرانيتية، أما الروزكوليت فتوجد بصحبة رواسب اليورانيوم - فاناديوم في كولورادو.

الميكا في المملكة العربية السعودية

لم يعثر على نوعيات ممتازة من الميكا (مسكوفيت) إلا في القليل من قواطع البجماتيت كما في تلك الموجودة إلى الشمال من خميس مشيط ، وفي جنوب غرب جبل المنعة بمنطقة أبها - بيشة والموجودة إلى الجنوب من وادي قديد (البريكة).

وتوجد كميات محدودة من الزينوالديت مصاحبة لمناطق التحول إلى جريزن في الجرانيت، مصاحبة لرواسب القصدير ، إلا أن أهمية المواقع كلها مازالت موضع دراسة.

التلك Talc [$Mg\ Si_4O_{10}\ (OH)_2$]

التلك هو أقل المعادن صلابة، وتجاريا يطلق اسم تلك على النوعية النقية ذات الصلابة المنخفضة، أما اسم استياتيت (steatite) فيطلق على النوعية الكتلية المتماسكة، وحجر الصابون (soapstone) على النوعية غير النقية التي يوجد بها التلك مع بعض الشوائب من التريموليت والكربونات وغيرها.

ويستخدم التلك في صناعة الخزف والصيني والبويات ومواد التجميل وفي صناعات الورق والمطاط والصابون والمبيدات الحشرية وعشرات من الاستخدامات

الأخرى بفضل نعومته وملمسه وانخفاض صلابته.

ويبلغ الإنتاج العالمي من التلك حوالي ٧ مليون طن، يأتي معظمه من الولايات المتحدة، وكوريا، وفرنسا، وإيطاليا، واليابان، وكندا، والاتحاد السوفييتي، ويوجد التلك على هيئة عدسات في صخور الدولوميت المتحولة أو صخور الشست أو على هيئة أجسام كبيرة في الصخور فوق القاعدية المتحولة بفعل المحاليل الحرمائية، والمصدر الأول هو الأهم نظرا لنقاء التلك الناتج وخلوه من معادن الأسبستوس الخطرة على الصحة.

التلك في المملكة العربية السعودية

لم يسجل وجود أي رواسب هامة للتلك ناتجة عن تحول صخور الدولوميت بالمملكة حتى الآن - وهي النوعية المفضلة من التلك، إلا أنه وجدت بعض رواسب التلك المحدودة الكمية والرديئة النوعية بصحبة بعض أجسام الصخور فوق القاعدية المتحولة إلى سربنتينيت وأهمها هي (شكل ٥١) :

- وادي خُمال : مصاحبًا للشست الكلوريتي الموجود في السربنتينيت حوالي ٣٠ كيلو مترًا شمال غرب مدينة ينبع البحر.
- وادي مريخات ٢٠٠٠ كيلو مترا شمال مدينة أملج : مصاحبا لصخر السربنتينيت من حزام جبل الوصق الأفيوليتي في منطقة نبط.
- بئر عمق - للشرق من بئر عمق : يوجد بعض أنطقة التمزق في السربنتينيت والتي يصاحبها تلك.
- جبل ملحيجة : في السربنتينيت التابع لحزام طلوحة الأفيوليتي.
- منجم الآمار : في الدولوميت، اكتشف أثناء الحفر التجريبي تحت السطحي.
- جبل فرسان : شست التلك في مواقع حول طبقات الدولوميت والرخام في جبل فرسان.
- محجر التلك بوادي الأحد بمنطقة أبها - بيشة.
- محجر السند بمنطقة الملاحة بنجران.

الباريت (Barite ($BaSO_4$

يمتاز الباريت بثباته الكيميائي وعدم دخوله في تفاعلات بالإضافة إلى كثافته النوعية العالية مما جعل ٨٠٪ من الإنتاج العالمي منه يستعمل في تجهيز طينة حفر آبار البترول (لتشحيم العمود والدوار وتبريد المثقاب وقفل الشقوق من جدران البئر ورفع القطع الصخرية المحفورة وحبس الزيت والغاز في الأعماق).

وبالإضافة إلى هذا ، يستخدم الباريت في تجهيز نوعية ممتازة من الدهانات (مخلوطاً مع التيتانيا أو كبريتيد الزنك) وكمادة مالئة في صناعة المطاط والزجاج والبلاستيك ومشمع الأرضيات ولتغطية أوراق اللعب كما تستخرج منه كيميائيات الباريوم للأغراض الطبية والصناعية وغيرها .

ينتج العالم حوالي ٨ مليون طن من الباريت يأتي معظمها من الولايات المتحدة والمانيا وبريطانيا وكندا وغيرها .

ويوجد الباريت في الطبيعة على هيئة :

١ - رواسب حشو في العروق والكهوف (fissure and cavity-fillings) مثل رواسب الباريت في كاليفورنيا وفي ألمانيا وفي أم جراد (رابغ) بالمملكة العربية السعودية .

٢ - مادة لاحمة للبريشيا (breccia cement and fillings) مثل الموجودة في نوفاسكوشيا بكندا .

٣ - رواسب طباقية (bedded deposits) مثل الموجودة في كاليفورنيا وأركانسس بالولايات المتحدة .

٤ - رواسب متخلفة (residual deposits) مشتقة من الأنواع الثلاثة السابقة ومن أمثلتها رواسب ميزوري وجورجيا بالولايات المتحدة .

كما يوجد الباريت كمعدن غث مصاحب لكثير من رواسب الكبريتيدات ، خاصة رواسب الرصاص والزنك (كوروكو وميسيسبي) (Brobst and Pratt 1973) .

الباريت في المملكة العربية السعودية

وجد الباريت في عروق مصاحبة لرواسب الكبريتيدات في وادي أظلم بمنطقة ينبع، وفي عروق قاطعة لريوليت مجموعة شمر البركانية، كما وجد في بركانيات مجموعة الحليفة في وادي شعيلة، حيث يكّون الباريت أكثر من ٦٠٪ من حجم العرق المتمعدن. وسجلت أماكن عديدة لوجوده بصحبة تمعدن الزنك والفلوريت في العقيق بمنطقة وادي بيدة - الباحة، ومع المنجنيز في منطقة الخنيقية ومواقع أخرى متعددة في الدرع العربي مصاحبًا لمعادن الزنك والنحاس والرصاص.

وعلى الرغم من عدم وجود قيمة اقتصادية لهذه الرواسب في الوقت الحاضر فمن المحتمل أن يستفاد منها كنواتج جانبية إذا ما عُدِّنت رواسب الكبريتيدات يوما ما (Lhegu 1981).

كما يوجد الباريت في مواقع متعددة في صخور الجبس أو الصخور المرجانية الجيرية لعصر الميوسين على ساحل البحر الأحمر على شكل طبقة لا تتعدى سنتيمترات معدودة أو في عروق رفيعة قاطعة لهذه الطبقات. يصاحب هذا التمعدن في العادة قليل من البيريت والسفاليريت والجالينا والكلكوبيريت.

وهذا النوع من الباريت في وادي أظلم وفي جبل ظيلان ومواقع أخرى في متكون رغامة على ساحل البحر الأحمر.

١) أم جراد (رابغ) Um Jerad (Rabigh)

من أهم خامات الباريت في المملكة، هي تلك الموجودة في رابغ وتعرف بمنطقة أم جراد، وتقع إلى الشمال الشرقي من مدينة رابغ على بعد حوالي عشرين كيلو مترًا.

ترسب خام الباريت في منطقة أم جراد في التشققات والصدوع التي صاحبت تكوين البحر الأحمر، في الصخور البركانية والجوفية النارية التابعة لعصر ما قبل الكمبري. وتمتد منطقة تمعدن الباريت إلى مسافة ١٣ كم باتجاه شمال جنوب وبعرض ٣كم. وتوجد بها عروق الباريت التي تضرب باتجاه شمال جنوب في معظم الأحيان (شكل ٥٤). والعروق في معظمها رفيعة ورأسية تقريبًا (شكل ٥٥). ويتراوح لون الباريت ما بين الأبيض والرمادي والوردي، ويحتوي على شوائب من أكاسيد الحديد

أو السيليكا. وتتميز عروق الباريت هنا بوجود نطاق وسطي من السيليكا الغروية بُنِّي اللون لوفرة أكاسيد الحديد والمنجنيز فيه. ويصلح خام الباريت في رابغ للاستخدام في طين الحفر لقلة وجود الخام الأبيض الصافي فيه. وتقدر كمية احتياطي الخام في هذه المنطقة بمائة ألف طن حتى عمق ٣٠ متراً تحت سطح الأرض. ومن المعتقد أن رواسب الباريت قد تكونت من أصل بيولوجي مع محاليل سطحية تخللت رسوبيات العصر السينوزوي، ثم ترسبت في الشقوق والصدوع الموجودة في صخور ما قبل الكمبري (Al Shanti 1970).

هذا ومن المحتمل أن يبدأ تعدين الباريت من موقع أم جراد عن طريق شركة وطنية تقدمت لاستغلاله حديثًا.

البنتونيت Bentonite

البنتونيت صلصال يتكون بصفة رئيسية من معدن الطين مونتموريلونيت (montmorillonite) مع بعض الشوائب من معادن الصخور النارية، ويحتوي على ٥-١٠٪ قلويات وحوالي ٣٪ حديد.

وهناك نوعان من البنتونيت:

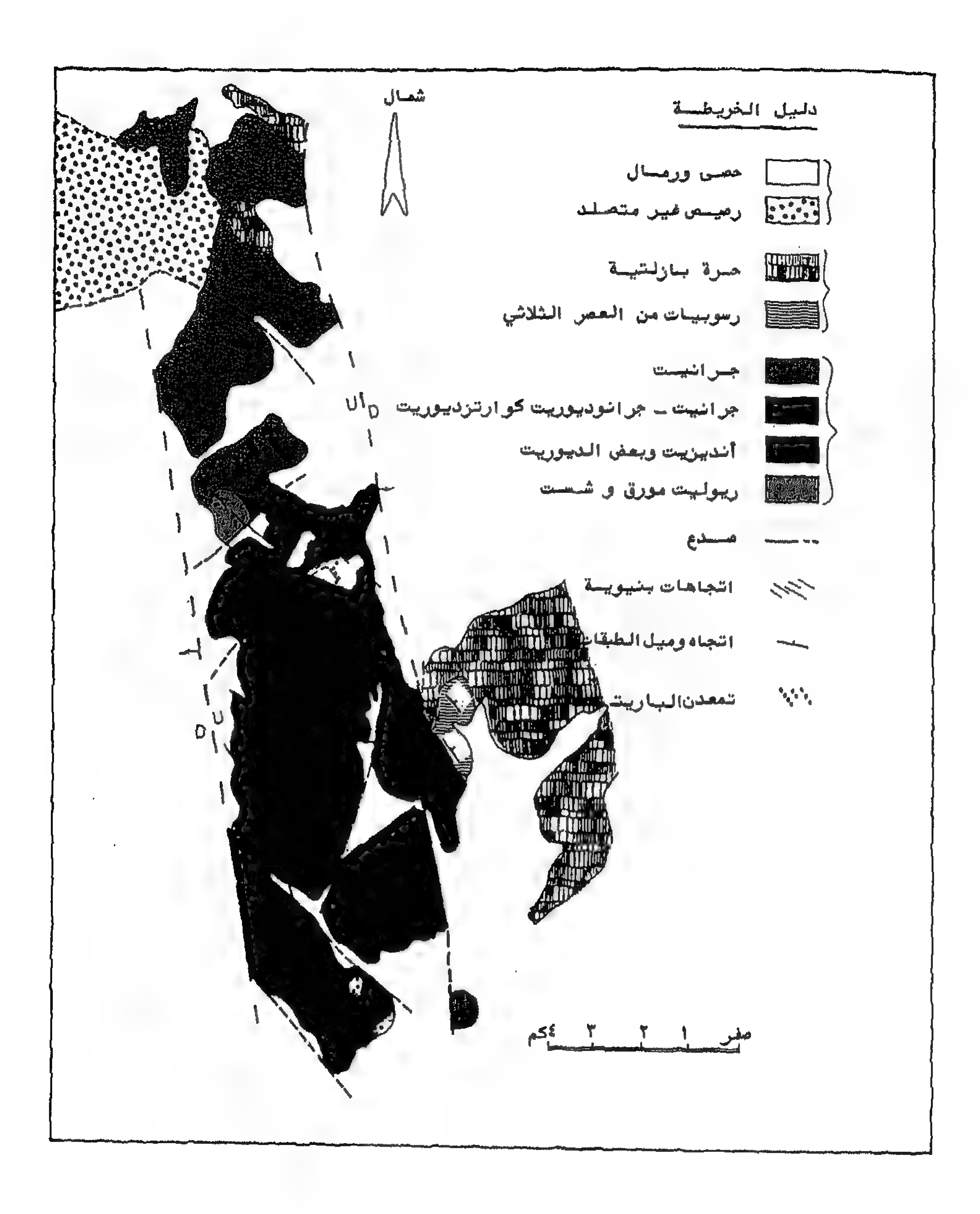
- **النوع الصودي**: وهو النوع الذي ينتفخ ويزداد حجمه من ١٥-٢٠ مرة عندما يضاف إليه الماء ويظل معلقًا.
- **النوع الكلسي**: وهذا لا ينتفخ ولا يزداد حجمه عند إضافة الماء.

ويستخدم النوع الأول بصفة رئيسة في تجهيز طينة الحفر في آبار البترول وغيرها، كما تستعمل كميات أقل في مواد التجميل والصناعات الدوائية وفي مواد منع التسرب.

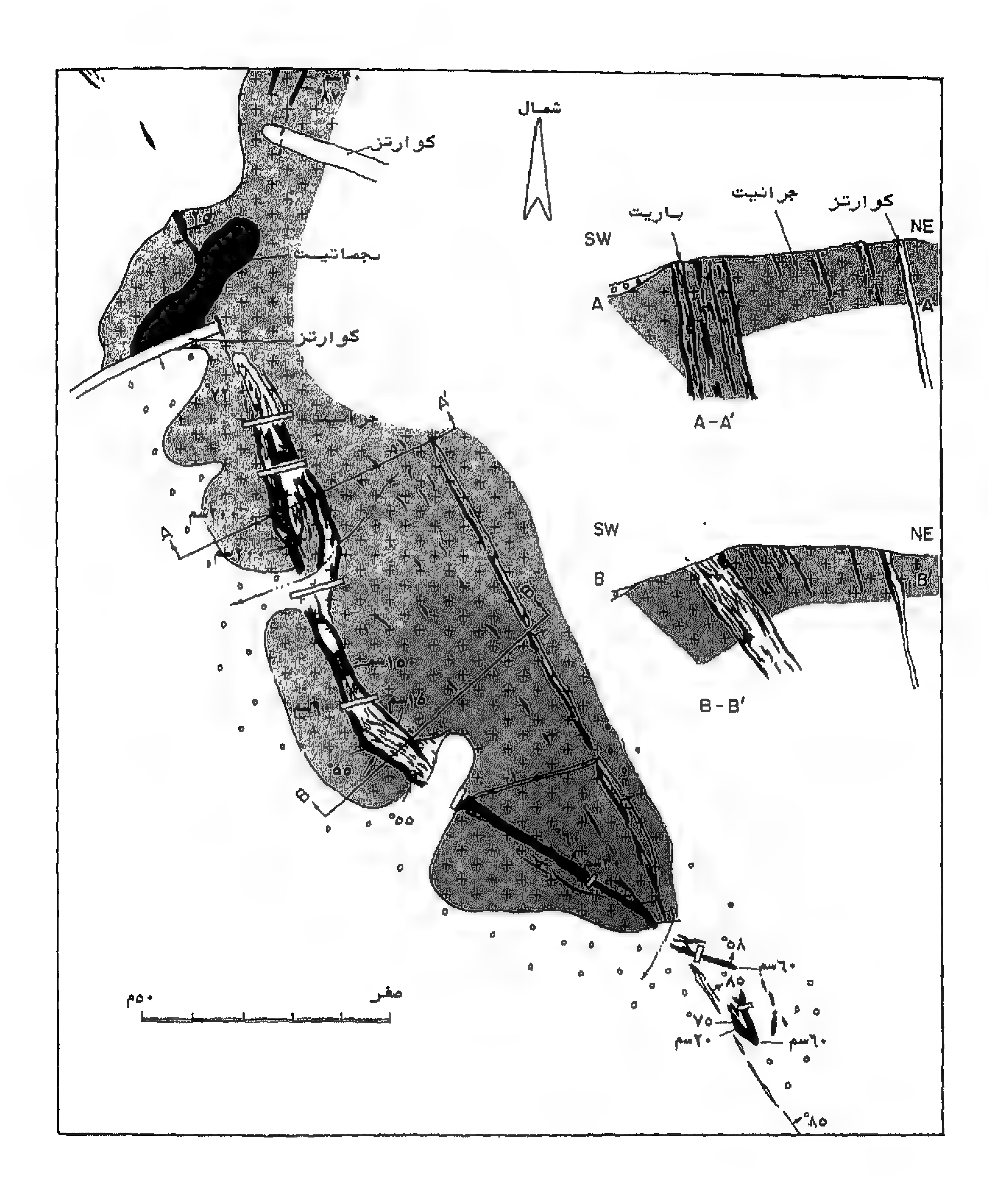
البنتونيت في المملكة العربية السعودية

سبق الحديث عن وجود البنتونيت في المملكة وذلك في عرض معادن الطين. وبصفة عامة، توجد رواسب البنتونيت في أماكن عدة من أهمها:

- راسب خليص وراسب عسفان في منطقة جدة (Spencer and Vincent 1984)،



شكل (٥٤) خريطة جيولوجيــة عامة لتمعــدن الباريت في منطقـة أم جراد (رابغ). معدلة من Al Shanti (1970)



شكل (٥٥) خريطة جيولوجية مفصلة لأحد عروق الباريت المركبة مع قطاعين تخطيطيين في العرق. لاحظ تمعدن الباريت في الشقوق والصدوع . معدلة من Al Shanti (1970) .

ويتميز راسب بنتونيت خليص باحتوائه على معدن السمكتيت (smectite) . توجد طبقة من هذا الراسب بسمك خمسة أمتار وباحتياطي يصل إلى ٣ مليون طن تقريبًا. وقد أجرى اختبار هذا الراسب لاستعمالات هندسية أثبتت جدواها إلى حد كبير. ولكنه يحتاج إلى معالجة لاستخدامه لأغراض الحفر (Spencer 1986) .

● راسب حليفة ومشاش الوبيلية في صخور الغطاء الرسوبي إلى الشمال الشرقي من الدرع العربي.

الفصل السادس

معادن الصناعات الكيميائية

Chemical Minerals

■ الهاليت (ملح الطعام) ■ أملاح البوتاسيوم ■ الكبريت ■ الفوسفات

وهي مجموعة المعادن اللافلزية التي تستخدم في الصناعات الكيميائية، إما على الصورة المستخرجة بها أو بعد تجهيزها، كما يستعمل بعضها لاستخراج بعض المكونات الكيميائية الرئيسة (كاستخدام الهاليت في تحضير الصودا الكاوية).

الهاليت (ملح الطعام) Halite , NaCl

هو أكثر المعادن ألفة بالنسبة للإنسان، إذ بدأ الإنسان استخراجه مع فجر حضارته، ويستهلك كل إنسان حوالي ٥ كيلو جرامات منه في العام الواحد.

وبالإضافة إلى استعماله في الطعام، يستخدم الهاليت في الأغراض الرئيسة الآتية:

● مادة خام لصناعة الكيماويات والأحماض (الصودا الكاوية - بيكربونات الصوديوم - حمض الهيدروكلوريك).

● مادة كيميائية في تجهيز:

○ صناعة الصابون، الأصباغ، دباغة الجلود، حفظ المواد الغذائية، قصر ألوان القطن والخشب.

○ صناعة الخزف، لمنع الانكماش وتجهيز المواد المزججة. صناعة التبريد وتجهيز المثلجات.

○ صناعة تكرير الزيوت .

● مادة لازمة للمشاريع الزراعية في تجهيز الأعلاف ، الأسمدة ، إزالة الحشائش ، مبيدات حشرية .

● معالجة التربة ومشاريع إنتاج الألبان .

● مادة لازمة في الطب والصناعات الدوائية ، العقاقير والأدوية ، المنظفات .

ويحصل على الملح تجاريا من خمسة مصادر هي :

١ - خامات رسوبية متطبقة (sedimentary bedded deposits) .

٢ - أُجاجيات (brines) .

٣ - ماء البحر (sea water) .

٤ - رواسب البلايا (playa) السطحية .

٥ - قباب الملح (salt domes) .

تكونت طبقات الملح المتبادلة مع الطبقات الرسوبية الأخرى، والطبقات المصاحبة لها من الجبس والأنهيدريت وأحيانا أملاح البوتاس، وكذلك قباب الملح، كنتيجة للعمليات التبخيرية (evaporation) . أما رواسب البلايا فتنشأ عن جفاف البحيرات الملحية (salt lakes) .

الهاليت في المملكة العربية السعودية

بالإضافة إلى إمكانية الحصول على الملح من الملاحات الشمسية على طول سواحل البحر الأحمر والخليج العربي، توجد رواسب الملح الصخري في تتابعات الأملاح التبخيرية في بعض مناطق صخور الغطاء مثل محجر سبخة الملح (منطقة القصب) والكدان وسبخة جاب عويد (٢٦ كم إلى الغرب من الدمام)، إلا أن أهم مناطق وجوده هي الآتية:

١) جيزان Jizan

في جنوب غرب المملكة، يوجد الملح كعضو في تتابع إقليمي من الأملاح التبخيرية التابعة للميوسين، ويكوّن الملح ثاقبة (diapir) ، نشأت عن الحركات الأرضية

التي أدت إلى تحرك الملح إلى أعلى واختراقه للطبقات التالية التابعة للميوسين والرباعي، وربما مازالت هذه الحركات مستمرة. وقدرت الاحتياطيات بحوالي ٣٠ مليون طن حتى عمق ٤٠م تحتوي على ٩٦٪ NaCl، واقترحت طريقة التعدين الذوباني (solution mining) ثم التبخير الشمسي للحصول على الملح.

٢) جزيرة فرسان Farasan Island

توجد رواسب الملح في جنوب جزيرة فرسان الكبير في البحر الأحمر (خط عرض ٤٦َ ٢٦ْ شمالاً وخط طول ٢َ ٤٢ْ شرقًا) (شكل ٥١)، تحت طبقات من الصلصال الدياتومي وحجر الطين متبادلة مع الأنهيدريت والحجر الجيري في تتابع من الأملاح التبخيرية. والرواسب متأثرة بالحركات البنائية ومغطاة بالحجر الجيري الشعابي من البليستوسين والحديث.

ومن المقترح استغلال الراسب من خلال التعدين الذوباني ثم التبخير الشمسي (Mideast Industries Ltd. 1966).

أملاح البوتاسيوم Potassium Salts

البوتاسيوم أحد العناصر الأساسية لتغذية النبات وزيادة إنتاجه، لمواجهة الاحتياجات المتنامية لسكان العالم. لذا، فإن حوالي ٩٥٪ من المركبات البوتاسيومية المستخرجة تستخدم في إنتاج الأسمدة.

وإنتاج العالم من البوتاسيوم يبلغ ٢٠ مليون طن، يستغل جزء منها في صناعة المتفجرات، والصابون، والأصباغ، والكيماويات الدوائية، ويذهب الباقي لصناعة الأسمدة كما سبق القول.

وينتج البوتاسيوم من الرواسب التبخيرية، حيث توجد أملاح البوتاسيوم على هيئة طبقات يتراوح سمكها من سنتيمترات إلى ٢٤٠م (كما في نيوميكسيكو) وتحتوي هذه الطبقات عادة على حوالي ٨٠٪ هاليت. ويستخرج البوتاسيوم بالإذابة ثم يفصل عن الهاليت وينقى.

البوتاسيوم في المملكة العربية السعودية

نظراً لصعوبة تكونٌ أملاح البوتاسيوم التي تحتاج إلى ظروف بيئية ومناخية معينة

(حيث يشترط تمام جفاف الحوض الترسيبي الذي تمت فيه عملية التبخير) لذا فوجودها قليل بصفة عامة بين الأملاح التبخيرية في المملكة. سُجل وجود أملاح البوتاسيوم في التبخيريات المحتواة في صخور الغطاء الرسوبي في منطقة إثرة (قريات الملح) ومنطقة حزاوزة. ولكن أهم مناطق وجوده هي ما تم الكشف عنها حديثاً في جزيرة فرسان (شكل ٥١)، حيث حفرت خمس آبار في قطاعات الأملاح التبخيرية التابعة للميوسين بلغ إجمالي أطوالها ٢٢٤٨م، وعثر في بعضها على أملاح البوتاسيوم والمغنسيوم متداخلة مع الملح الصخري، بالإضافة إلى وجود فواصل أو راقات من معادن البوتاسيوم والمغنسيوم، بشُوفيت (bischofite $MgCl_2.6 H_2O$) وكرناليت (carnallite $KMgCl_3.6H_2O$).

الكبريت (S) Sulphur

الكبريت من أكثر المعادن شيوعًا في صورته الطليقة، بالإضافة إلى وجوده في الكبريتيدات. والكبريت الطليق هو المعدن الأول له، في حين يشكل البيريت (pyrite) الكبريتيد الوحيد الذي يُستخرج من أجل ما به من كبريت. بالإضافة إلى ذلك يُحصل على كميات كبيرة من الكبريت من الغازات الكبريتية الناتجة عن تكرير البترول، وصهر الخامات الكبريتيدية، ويمكن حصر المصادر التي يحصل منها على الكبريت فيما يلي:

- الكبريت الطليق في تتابعات الأملاح التبخيرية.
- الغازات الكبريتية المصاحبة للغاز الطبيعي، أو الناتجة عن تكرير البترول.
- الرواسب الكتلية للبيريت والبروتيت.
- الكبريت الطليق المصاحب للغازات البركانية والمترسب في شقوق وحواف الفوهات.
- الغازات الناتجة عن صهر الخامات الكبريتيدية لاستخلاص النحاس، أو الزنك، أو الرصاص، أو النيكل، أو الموليبدنم وغيرها.

واستعمالات الكبريت أكثر من أن تحصى، إذ يدخل هو ومركباته في صناعات كثيرة بالإضافة إلى استعمالاته في المجالات الزراعية المختلفة. فالأسمدة السائلة، والألياف الصناعية، والبلاستيك، والورق، والأصباغ، والدهانات، والمفرقعات

والمنتجات البترولية، والمبيدات الحشرية، والكيماويات الدوائية، بعضٌ من مجالات استخدام الكبريت.

الكبريت في المملكة العربية السعودية

تكتفي المملكة تماما بالكبريت الناتج من عمليات استخراج البترول وتكريره. أضف إلى ذلك أن هناك مناطق وجود للكبريت الطليق مصاحبا لتتابعات من الأنهيدريت والجبس في وادي الكبريت (على خليج العقبة) وفي البدع ومقنا في إقليم مدين (في الشريط الرسوبي الساحلي) التابعة للميوسين وكذلك في منطقة الراكة جنوب القويعية في صخور الغطاء الباليوزويّة.

كما أن هناك كميات كبيرة (حوالي ٥٠٠ مليون طن) من البيريت الكتلي، الموجودة في وادي وسط في منطقة نجران بجنوب المملكة (شكل ٥٦) والتي يمكن استخلاص الكبريت منها إذا ما دعت الحاجة.

الفوسفات (P) Phosphate

الفوسفات هو الصخر الحاوي لمعادن الفوسفات، غالبا في صورة معدن فوسفات الكالسيوم، أباتيت ($Ca (PO_4)_3 Cl, F, OH$) (apatite)، أو الصورة غير جيدة التبلور، كولوفين (collophane).

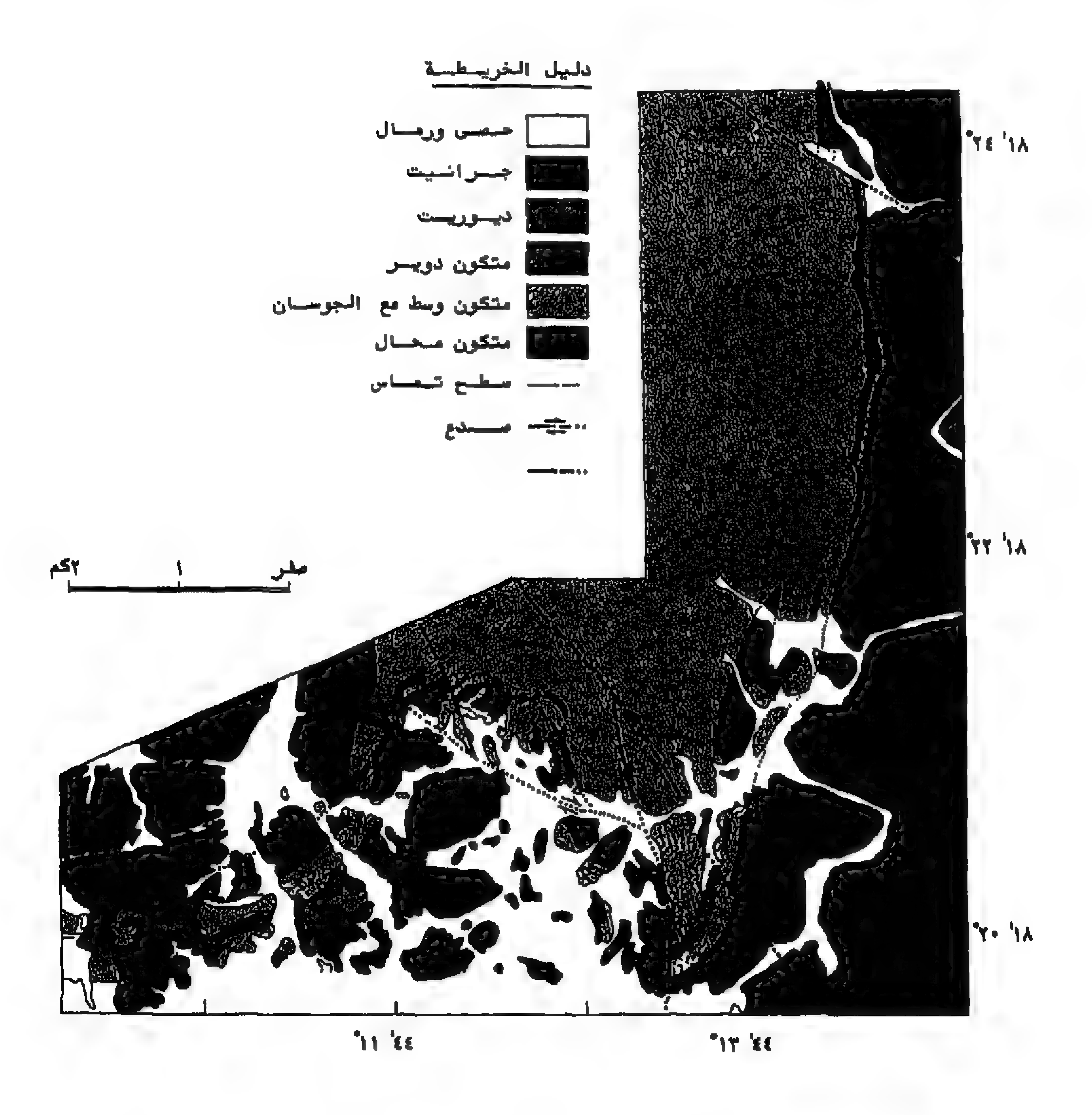
ويستخدم الصخر في العديد من الصناعات أهمها تحضير عنصر الفوسفور وحمض الفوسفوريك لاستخدامهما في الصناعات الميتاليرجية، والصناعات الحربية، والغذائية، والخزف، والنسيج، والثقاب. ويذهب معظم الفوسفات المستخرج إلى الأسمدة.

وتتراوح رواسب الفوسفات في عمرها من الكمبري وحتى البليستوسين، وتوجد على صورة طبقات رسوبية بحرية متجانسة تمتد لمئات أو آلاف الكيلو مترات المربعة، متطبقة مع غيرها من الصخور الرسوبية مثل الحجر الجيري والطباشير والطفال الغنية بالأحافير.

والفوسفات هو منتج التصدير الثاني في العالم العربي بعد البترول، حيث توجد رواسب هائلة منه في المغرب والجزائر ومصر والأردن، وبالإضافة توجد رواسب غنية

منه في الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي، لكن تظل المملكة المغربية هي المصدر الأول لصخر الفوسفات في العالم.

وتقدر قيمة الراسب دائما بما يحويه من P_2O_5 إذ يجب ألا تقل نسبته عن ٢٨,٢٪، لذا يحتاج الخام أحيانا لبعض المعالجة لرفع النسبة.



شكل (٥٦) خريطة جيولوجية عامة توضح مواقع تمعدن البيريت في وادي وسط. معدلة من Roberts *et al.* (1981).

وفي كثير من رواسب الفوسفات (في المغرب ومصر وغيرها) توجد كميات ضئيلة من العناصر الأرضية النادرة واليورانيوم في الخام قد يمكن الاستفادة منها أثناء تصنيع الخام إلى أسمدة أو حمض فوسفوريك.

الفوسفات في المملكة العربية السعودية

أهم رواسب الفوسفات في المملكة هي تلك المكتشفة حديثًا بحوض سرحان - طريف الترسيبي وهي ما نعرضها هنا بشيء من التفصيل نظرًا لأهميتها واحتمالاتها الاقتصادية (Mytton 1966 و Sheldon 1965) .

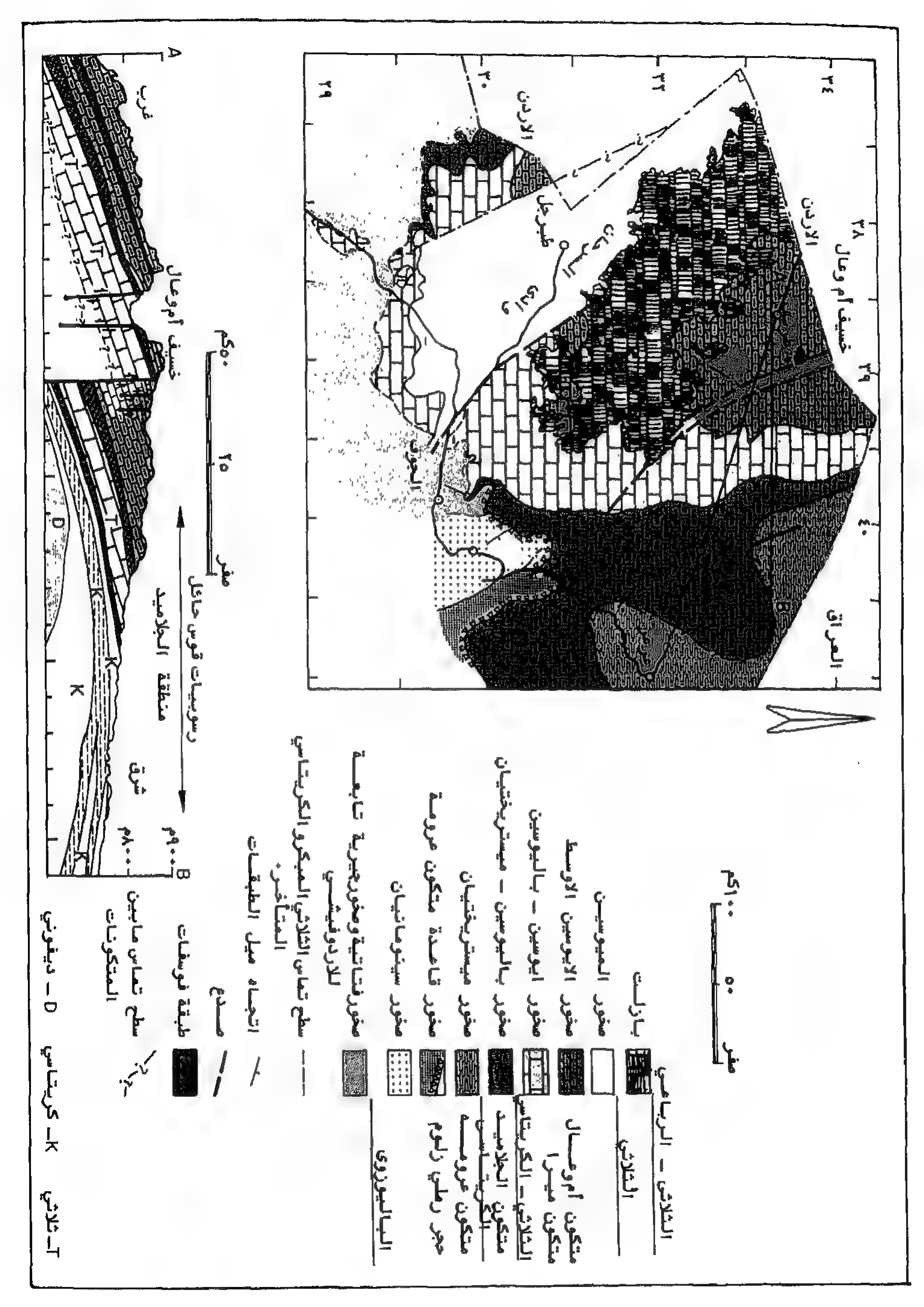
توجد صخور الفوسفات البحرية الأصل في منطقة سرحان - طريف (Sirhan - Turayf) في الأجزاء الشمالية من المملكة، على مسافة ١٠٠٠كم إلى الشمال من جدة حيث تمتد لمسافة ١٨٠كم في إتجاه شمال جنوب وتتكون من ثلاث إلى ست طبقات يتراوح سمكها ما بين ٢ و ١٠م يفصلها بعضها عن بعض طبقات من الحجر الجيري والصوان (شكل ٥٧).

وهذا الحوض الترسيبي يتبع إقليم الفوسفات في حوض البحر الأبيض المتوسط الذي يمتد من المغرب حتى العراق .

جيولوجية منطقة سرحان - طريف

أقدم الصخور المعروفة في المنطقة هي الصخور الرملية من متكون تبوك (الأردوفيشي - الديفوني الأسفل)، والحجر الرملي والطفال والحجر الجيري التابعة لمتكون الجوف (الديفوني). ويغطي هذه الصخور الحجر الرملي من الكريتاسي الأعلى - في جنوب وغرب المنطقة، وكذلك الحجر الجيري الدولوميتي من الشرق والشمال التابع لمتكون عرومة (الكريتاسي الأعلى) (شكل ٥٧).

وتغطي هذه كلها ثلاثة تتابعات صخرية جيرية هي متكونات الجلاميد (Al Jalamid) ، والميرة (Al Mira) ، وأم وعال (Um Wua'l) التي تكون مجموعة طريف والتي يمتد عمرها من المستريخي إلى الأيوسيني الأوسط. وتوجد أهم طبقات الفوسفات عند قاعدة كل من هذه المتكونات الثلاثة، وتعرف باسم الأعضاء: ثنيات (Thaniyat) ، غينة (Ghinah)، وعرقة (Argah) على التوالي.



شكل (٥٧) خريطة جيولوجية عامة توضح مواقع رواسب الفوسفات في منطقة وادى السرحان – طريف .

وهناك مجموعة أحدث من الصخور تابعة للميوسين (مجموعة سرحان)، وصخور أحدث منها تشغل خسيف وادي السرحان (Wadi Sirhan graben)، وخسيف أم وعال (Um Wu`al graben) . تغطي فيوض البازلت (من الثلاثي والرباعي) الجزء الأوسط من المنطقة، إلا أن عوامل التعرية قد كشفت بعض صخور مجموعة طريف الجيرية من خلال البازلت. أدت الصدوع في المنطقة إلى تكوين مجموعة من البنيات الخسيفية (grabens) مع إزاحة أفقية بسيطة لطبقات الفوسفات في معظم الحالات. كما يوجد بالمنطقة طية محدبة واسعة، تنحدر إلى الجنوب الشرقي وتقع إلى الشمال من الجلاميد وتعتبر جزءًا من قوس حائل المشهور، وهذه تسبب ميل طبقات الفوسفات في حدود نصف درجة في هذه المنطقة .

ويسود الاعتقاد بأن مجموعة طريف قد تكونت كنتيجة للترسيب البحري الدوري، الأمر الذي يعكس تتابعا للغمر والانحسار على فترات زمنية قصيرة، على رصيف مفتوح ضحل المياه (Riddler *et. al* 1983 , 1984) .

وصف الفوسفات

لوحظ وجود أكثر من طبقة من طبقات الفوسفات في العضو الأسفل من كل من المتكونات الثلاثة السابق ذكرها. والنوع السائد هو الفوسفات الملحوم بالمواد الجيرية. وهناك حوالي ١٥٪ من إجمالي الفوسفات على شكل رواسب دقيقة الحبيبات سهلة التفكك، ربما تكون قد نتجت عن تجويه الفوسفات وإذابة المادة الجيرية اللاحمة منه. وتشمل مكونات الفوسفات سرئيات (بطارخ) الأباتيت (apatite) المتجمعة حول نويات فتاتية من الكوارتز أو البقايا الحيوية، بالإضافة إلى أقراص فوسفاتية تمثل نواتج الإخراج، وكذلك حطام أصداف، وأسنان أسماك، ومواد طينية منقولة.

وتتكون الأرضية (matrix) عادة من الكالسيت ، مع وجود الكوارتز ، ومعادن الصلصال في بعض الأحيان، خاصة في الأجزاء الجنوبية الغربية من المنطقة في طبقات عضو الثنيات الفوسفاتي . وفي بعض المواقع يوجد الجبس على هيئة عروق قاطعة في الفوسفات المفكك قريبًا من سطح الأرض (Kluyver *et. al.* 1981) .

تقدير الاحتياطي والرتبة

تقدر كمية الفوسفات في المنطقة الجنوبية الغربية في عضو فوسفات ثنيات ، وفي

مساحة ٥٠كم٢ بحوالي ١٦٥ مليون طن، بمتوسط رتبة ٢١,٥٪ P_2O_5 ومتوسط سمك الطبقة ١,٣٥م، ونسبة الرديم : الخام، مرتفعة، في حدود ١٨ : ١ . كما أثبتت الدراسات المتعمقة أن الخام قابل لرفع رتبته عن طريق التحميص (calcination) والطحن والتعويم إلى أكثر من ٣٢٪ P_2O_5 .

أما في منطقة أم وعال إلى الشمال الشرقي من طريف، فبلغت تقديرات الخام من عضو فوسفات عرقه (Argah) ٧٢٢ مليون طن بمعدل رتبة ١٨٪ P_2O_5 ومتوسط سمك ٤م في مساحة ٧٨,٥كم٢ وكانت نسبة الرديم : الخام ٢,٥ : ١، وقد أمكن من خلال أبحاث تحسين المواصفات المبدئية رفع نسبة P_2O_5 إلى ٣٧٪ باستخدام التحميص والغَسْل والغربلة .

وفي منطقة الجلاميد ، حيث يوجد الفوْسفات في عضو فوسفات ثنيات الذي يمتد ليغطي مساحة ٣٠٠كم٢، يتراوح نطاق الفوسفات بين ١ و ٨ متر، ومحتواه بين ١٠ و ٢٧٪ P_2O_5 . وعلى ذلك يقدر وجود حوالي ١٠٠٠ مليون طن بالمنطقة بمتوسط سمك ٢م وبرتبة P_2O_5 أعلى من ١٥٪ ونسبة رديم إلى خام مختلفة، لكن دائمًا أقل من ١٠ : ١ .

ويمكن تلخيص هذه البيانات في الجدول التالي :

المنطقة	الاحتياطي (مليون طن)	نسبة P_2O_5 المئوية	سمك الفوسفات بالمتر	نسبة الرديم : الخام
ثنيات (عضو ثنيات)	١٦٠ - ١٩٠	٢١-٢١,٥٪	١,٣٥ - ١,٦٥م في مساحة ٥٠كم٢	١٨ : ١
ويمكن بوساطة التحميص والغسل والغربلة رفع نسبة P_2O_5 إلى ٣٢,٥٪				
أم وعال (عضو عرقة)	٧٢٢	١٨٪	٤ متر في مساحة ٧٨كم٢	أقل من ٢,٥ : ١
ويمكن بوساطة التحميص والغسل والغربلة رفع نسبة P_2O_5 إلى ٣٧٪				
الجلاميد	١٠٠٠	١٠ - ٢٧٪ (متوسط ١٥٪)	١ - ٨م (متوسط ٢م) في مساحة ٣٠٠ كم٢	أقل من ١٠ - ١

وهناك بعض الاحتياطيات المنكشفة حول البازلت في عضو عرقة بمنطقة أم وعال والعمد (Van Eck *et. al.* 1984 و Berge and Jack 1982 و Meissner and Ankary 1972) .

الفصل السابع

مواد الصقل والتلميع
Abrasives and Polishing Materials

▪ المواد العالية الرتبة ▪ المواد السيليسية ▪ مواد الصقل والتلميع

تشتمل هذه المجموعة على عدد من المعادن والصخور مختلفة التركيب والتكوين، لكنها تتفق جميعها في صفة أساسية وهي الصلادة. وحاليا دخل المجال الكثير من المواد المصنعة، المعتمدة في أساسها على مواد معدنية طبيعية. وتقسم مواد الصقل والتلميع الطبيعية إلى ثلاثة أقسام:

● مواد عالية الرتبة وتشمل الماس (diamond) ، والكورندم (corundum) ، والإيمري (emery) ، والجارنت (garnet) .

● مواد سيليسية وتشمل صور السيليكا المتعددة.

● مواد الصقل والتلميع اللينة، وتشمل بعض أنواع الصلصال والطباشير.

● ويمكن تلخيص نوعيات هذه المواد وطرق تجهيزها واستخداماتها في الجدول التالي:

المواد العالية الرتبة High-Grade Abrasives

المادة	شكل المادة	الاستعمالات
الماس	بلورات	قطع وحفر وضبط الأقراص الدوارة
	تراب	محركات الطائرات ، قطع وصقل الأحجار الكريمة
كورندوم	أقراص	قطع الفلزات وصقل العدسات
	ورق وقماش صنفرة	صقل وتلميع الفلزات والأخشاب القاسية والعدسات
إيمري	أقراص	تشكيل الفلزات
	ورق قماش صنفرة	صقل الفلزات والأخشاب القاسية وتلميع الفلزات وتشكيل الزجاج
جارنت	ورق وقماش صنفرة	الأخشاب القاسية والأسطح المصقولة
	تراب	صقل العدسات وتشكيل الزجاج
المواد السيليسية Siliceous Abrasives		
المادة	شكل المادة	الاستعمالات
الحجر الرملي	حجر الجلخ	سن المنشار والسكين وغيرها من الحواف الفلزية
	حجر الجلخ بالزيت	شحذ الشفرات وغيرها من نواتج الفولاذ
الصوان	أقراص دوارة	طحن الحبوب والبويات وغيرها
	حصى	طحن الخامات في وحدات التجهيز
	مطحونة	ورق صنفرة لصقل الأخشاب اللينة
الرمل	حبيبات	الصفق بالرمل وتنعيم الزجاج
	ورق وقماش صنفرة	الخشب والفلزات
النشف (البيومس)	كتل وقوالب	إزالة البويات والورنيش .
	حبيبات	تنعيم الزجاج ومواد التنظيف
دياتوميت	بودرة	تلميع الفلزات ومساحيق الأسنان
مواد الصقل والتلميع اللينة Soft Abrasives		
المادة	شكل المادة	الاستعمالات
الصلصال	بودرة	تلميع الفلزات
الطباشير	بودرة	تلميع الفضة والفلزات الأخرى

مواد الصقل والتلميع في المملكة العربية السعودية

لم تستغل مواد الصقل والتلميع بالمملكة حتى الآن ، ولا يتوافر بها من المواد عالية الرتبة إلا الجارنت الموجود في منطقة جبل الحماط (شلاح) بإقليم الرين .

جبل حماط

يقع جبل حماط ضمن صخور مجموعة الامار في إقليم الرين . يوجد الجارنت ضمن طبقات الرخام (الإسكارن) المحيطة بالجبل حيث يتراوح سمكها ما بين ٢ و ١٠ أمتار . يكوّن الجارنت طبقات رفيعة مع الكالسيت والولاستنيت والتريموليت تصل نسبته ما بين ١ و ١٥٪ من الصخر . ويقدر الاحتياطي الذي يمكن استخراجه حوالي ١٠٠,٠٠٠ طن، وبلورات يتراوح حجمها ما بين ٠,٣ و١٠ سم. وهو من نوع جروسيولاريت وأندراديت، أما جودة الخام فلم تتم دراستها (Laurent 1993) .

ويوجد الجارنت كذلك في غرب حرة الجعلاني بمنطقة الدوادمي مصاحبًا لبعض عروق البجماتيت القاطعة لها .

أما المواد السيليسية ومواد الصقل والتلميع اللينة فهي متوافرة في أماكن عديدة ، ويمكن استغلالها والاستفادة منها إذا ما دعت الحاجة إليها .

الفصل الثامن

أحجار الزينة

Ornamental Stones

(Dimension Stones)

■ جرانيت يارا الرمادي ■ جرانيت ود (وج) الرمادي ■ جرانيت الجموم الوردي ■ جرانيت النجوف القرمزي الوردي ■ جرانيت الحمرة الوردي الرصاصي ■ جرانيت القزاز الأحمر البني ■ جرانيت بير عسكر البني ■ جابرو النعيم الأسود ■ أنورثوزيت وادي خمال ■ حجر جيري الرياض ■ رخام فرسان الأبيض ■ رخام المدركة الرمادي الوردي ■ رخام فاطمة الرمادي البني ■ رخام تربة الوردي ■ رخام خانوقة الرمادي ■ رخام غزلان الرمادي ■ رخام الخوار الأسود.

يندرج تحت هذا الاسم الصخور والأحجار القابلة للقطع والصقل والتلميع لتعطي منتجا يمتاز بالجمال والقدرة على البقاء، ويعتبرها الكثيرون أهم ما يمكن إضافته إلى المنشآت المعمارية لإكسابها التفرد والجمال.

وتقُطَّع هذه الأحجار أو الصخور إلى كتل أو مسطحات ذات أبعاد معينة من جميع جوانبها، وقد يترك السطح طبيعيا أو ينعم أو يصقل ويلمع. وتخضع صلاحية الأحجار والصخور لعدد من الاعتبارات أهمها أن تتمتع بمواصفات خاصة يأتي على رأسها قدرتها على التحمل، قابليتها للامتصاص، مقاومتها للانثناء، مقاومتها للخدش والسحج، مقاومتها للتضاغط، مقاومتها للعوامل الجوية (الأمطار الحمضية والغازات الكربونية والكبريتية)، تأثير دورات تغير درجات الحرارة عليها، معامل تمددها وانكماشها.

تستخدم معظم أحجار الزينة في تغطية الحوائط والواجهات وإن كان بعضها يستخدم كأرضيات لإضفاء الجمال والفخامة على المنشآت. وقد تقطع صخور

الجرانيت والحجر الجيري وغيرها إلى ألواح بسمك يزيد عن ٥ سم ، إلا أن الاتجاه الحديث هو إنتاج واستخدام ألواح أقل سمكا وأخف وزنًا (٢ ـ ٣سم)، وتفضل الألواح كبيرة المساحة وإن كانت في العادة لا تزيد عن ٢ × ٢ متر أو ٢ × ١ متر .

يعتبر اللون والنسيج أهم الصفات التي تحكم قابلية الأحجار للتسويق، بالإضافة طبعا إلى مقاومتها للعوامل الطبيعية ، لذا كان الجرانيت والسربنتين مفضلين في الاستعمال الخارجي، وأنواع الرخام المختلفة هي المستعملة بصفة دائمة في الديكور الداخلي .

وفي الحقيقة يمكن استخدام أي صخر كحجر زينة، إلا أن صلاحيته لهذا الغرض تتوقف على صفاته الطبيعية وتقبل الناس له (اللون والنسيج بالإضافة إلى العوامل الشخصية) ، واستعمال الأسماء البترولوجية الدقيقة لوصف أحجار الزينة المختلفة غير عملي، فالمتعاملون في هذا المجال أغلبهم من غير المتخصصين (بل وغير المهتمين) لذا وضعت الجمعية الأمريكية للمعايرة والمواد (ASTM) تعريفات معينة للجرانيت (granite) والحجر الجيري (limestone) والرخام (marble) والحجر الأخضر (greenstone) والإردواز (slate) مع بعض التقسيمات لأنواع منها، وهذه هي المستخدمة في الصناعة ونعرضها فيما يلي :

الجرانيت Granite

أي صخر فلسباثي ، نسيجه واضح التحبب أو نيسي، وبهذا يشتمل التعريف على الصخور الجرانيتية بمعناها البترولوجي بالإضافة إلى السيانيت والجابرو والأنورثوزيت وغيرها من الصخور النارية السحيقية. وفي التجارة يرتبط بالجرانيت اسم يدل على المحجر المستخرج منه الصخر (جرانيت أسوان Aswan granite) واللون (جرانيت أسوان الأحمر Aswan red granite) وأحيانا النسيج (جرانيت أسوان الأحمر البورفيري Aswan red porphyritic granite).

الرخام Marble

أي صخر متبلور يتكون بصفة أساسية من معادن الكالسيت و/ أو الدولوميت و/ أو السربنتين، قادر على اكتساب الصقل. وفي الصناعة، تطلق كلمة الرخام على الصخور سهلة القطع أي منخفضة الصلادة في حين تسمّى الصخور واضحة الحبيبات

عالية الصلادة بالجرانيت ، وبهذا يشتمل التعريف على الرخام بمعناه البترولوجي إضافة إلى صخور أخرى مثل الحجر الجيري المتبلّر والترافرتين والسربنتين والأونكس وغيرها. وفي التجارة، يضاف إلى الاسم ما يدل على المحجر المستخرج منه الصخر وكذلك صفات تدل على لونه ونسيجه.

الحجر الجيري Limestone

صخر من أصل رسوبي يتكون بصفة أساسية من كربونات الكالسيوم أو الكربونات المزدوجة للكالسيوم والمغنسيوم، ويقسم إلى حجر جيري كالسيتي وهو الذي يحتوي أقل من ٥٪ $MgCO_3$، وحجر جيري دولوميتي ويحتوي على ما بين ٥ و ٤٠٪ $MgCO_3$، ودولوميت ويحتوي على أكثر من ٤٠٪ $MgCO_3$، ولا تستعمل هذه الأسماء عادة في المجال التجاري لكن يشار إلى الصخر باسم المحجر والنسيج السائد واللون أحيانًا مثل حجر جيري إنديانا السرئي الأبيض (Indiana white oolitic limestone)

الحجر الرملي Sandstone

رمال متصلدة ، تتكون معظم حبيباتها من الكوارتز والفلسبار، ذات نسيج فتاتي مع مادة لاحمة بين الحبيبات من السيليكا أو أكاسيد الحديد أو الكالسيت أو الصلصال.

الأردواز Slate

صخر متحول دقيق التحبب مشتق من رسوبيات طينية، يتميز بانفصام متواز مثالي لا يتعلق بمستويات تطبق الصخر، وبسبب هذا الانفصام يمكن فصل الصخر إلى شرائح رقيقة نسبيًا.

الحجر الأخضر Greenstone

صخر متحول يحتوي على واحد أو أكثر من معادن الكلوريت والأبيدوت والأكتينوليت، نتج عن تحول البازلت أو الديابيز أو الصخور النارية القاعدية الأخرى. وتراب روك (traprock) صخر من فيض بركاني أو جدد قاطعة أو متوافقة من البازلت أو الدوليريت، وهو أحد أمثلة الحجر الأخضر.

ونظرًا لتكلفة النقل العالية، تقتصر أسواق أحجار الزينة على المناطق القريبة من محاجرها، ومع ذلك فهناك تجارة عالمية في بعض الأنواع المتميزة، فمنطقة كرارا

بشمال إيطاليا تنتج أشهر أنواع الرخام الذي يصدر إلى كافة أنحاء العالم، وكذلك ترافرتين منطقة تيفولي، ولارفيكيت (laurvikite) في النرويج، وجرانيت أسوان، ومنذ سنوات قليلة كانت المملكة العربية السعودية مستورداً مهما لبعض نوعيات أحجار الزينة هذه، وحاليًا وكنتيجة لأعمال الاستكشاف الواسعة تحقق وجود نوعيات عديدة ممتازة من هذه الصخور بالمملكة نعرض بعضا منها فيما يلي:

أحجار الزينة في المملكة العربية السعودية

يوجد بالمملكة الكثير من الصخور المناسبة للقطع والصقل، تتراوح من الجرانيت إلى الجابرو والأنورثوزيت وتشتمل على عديد من نوعيات الرخام الممتازة (Baghdadi 1988). وفيما يلي نقدم بعض أهم هذه المواقع (شكل ٥٨).

١) جرانيت يارا (Yara) الرمادي (جرانيت ينبع الزمادي)

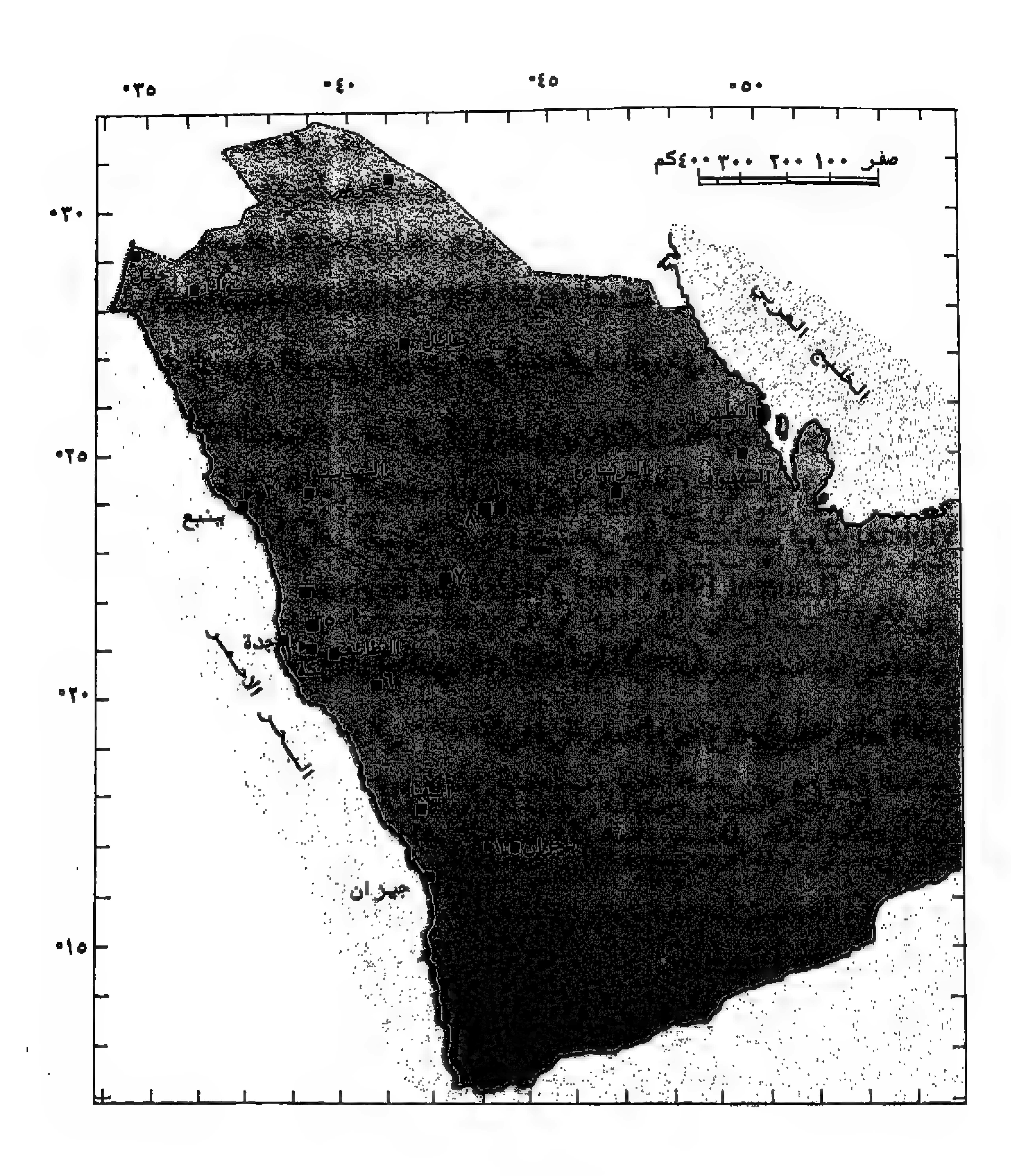
في جبل يارا على بعد ٦٥ كيلو مترا شمال غرب ينبع، وهو جرانيت متوسط حجم الحبيبات، منقط بالأبيض والأسود مما يعطيه لونًا رماديًا محببًا، مناسب للحوائط والأرضيات الداخلية والخارجية كما يصلح للواجهات، ويجري استغلاله حاليا وتتوافر منه احتياطيات هائلة (Laurent 1974).

٢) جرانيت ود (Wid) الرمادي (جرانيت الطائف الوردي)

في وادي نعمان، ٢٠ كيلو مترا غرب الطائف، وهو جرانيت متوسط إلى خشن التحبب، يسود فيه اللون الوردي مع نقط بيضاء وأخرى سوداء. يناسب أغراض التزيين الداخلية والخارجية على السواء كما يناسب صناعة أقراص الموائد والمناضد. يجري استغلاله حاليا وتتوافر منه احتياطيات هائلة (Laurent 1993 و Baghdadi 1981 a).

تابع شكل ٥٨: مواقع بعض أهم محاجر أحجار الزينة والرخام في المملكة العربية السعودية

الجرانيت	الرخام
١ - الجموم، ود	٤ - جبل فرسان
٢ - نجران (النجوف، بئر عسكر)	٥ - مدركة
٣ - وادي خمال (كمال)، يارا، راكان	٦ - وادي تربة
	٧ - جبل غزلان
	٨ - جبل خانوقة
	٩ - جبل الخوار



▶ جرانيت

■ رخام

شكل (٥٨) خريطة توضح بعض أهم محاجر أحجار الزينة والرخام في المملكة العربية السعودية .

٣) جرانيت الجموم الوردي

في منطقة الجموم ، حوالي ٦٥ كيلو متراً شرق - شمال شرق جدة وهو جرانيت متوسط إلى خشن التحبب ولونه وردي فاتح جميل ، مناسب لأغراض الأرضيات والحوائط والواجهات الداخلية والخارجية كما يصلح كبلاطات رصف وأقراص الموائد وغيرها . تحت الاستغلال حاليا والاحتياطيات منه كبيرة (Laurent 1975) .

٤) جرانيت النجوف القرمزي الوردي (جرانيت نجران الوردي القاتم)

في منطقة النجوف ، حوالي ١٣ كيلو متراً غرب - شمال غرب نجران ، وهو جرانيت متوسط إلى خشن التحبب ولونه قرمزي مع نقط رمادية وسوداء تعطيه لونًا رائعًا ويناسب كافة الأغراض السابق ذكرها ، ويستغل حالياً تحت اسم فيولتا (Violeta) وكمياته كبيرة (Hazza and Baghdadi 1982 و Laurent 1974 , 1993) .

٥) جرانيت الحمرة الوردي الرصاصي (جرانيت أبها الأحمر)

في منطقة الحمرة ، حوالي ١٠٠ كيلو متر شرق جنوب - شرق أبها على الطريق إلى نجران ، وهو جرانيت قلوي ، خشن التحبب ، لونه أحمر بني مع بقع صغيرة سوداء ، يناسب كافة الأغراض السابق ذكرها ، يستغل حاليا واحتياطياته كبيرة (Hazza and Baghdadi 1982) .

٦) جرانيت القزاز الأحمر البني

على مسافة ٣٥ كيلو متراً إلى الشرق - شمال شرق من المدينة المنورة ، وهو جرانيت قلوي دقيق الحبيبات جرانوفيري إلى حد ما ، لونه أحمر طوبي ، يصلح لكافة أغراض الزينة ، لا يستغل جاليا واحتياطياته قليلة نسبيًا (Baghdadi 1981) .

٧) جرانيت بير عسكر البني (جرانيت نجران البني)

في منطقة بير عسكر ، حوالي ١٣ كيلو متراً شمال غرب نجران على الطريق إلى أبها ، وهو جرانيت قلوي ، خشن التحبب متساوي الحبيبات ، لونه بني فاتح جميل مع بعض النقاط السوداء يصلح لكافة أغراض الزينة ، ويستغل حاليا تحت اسم غديرواحتياطياته كبيرة (Baghdadi 1987 و Laurent 1993) .

٨) جابرو النعيم الأسود

في جبل النعيم ، حوالي ١١٠ كيلو متراً إلى الجنوب - جنوب شرق عفيف ، وهو لابرادووريت جابرو، متوسط حجم الحبيبات ، لونه أسود مائل للزرقة وبه بعض البلورات المنثورة من الكبريتيدات، يناسب العديد من أغراض الديكور خاصة الداخلية، لا ينتج حاليا واحتياطياته قليلة (Laurent 1972b 1974, 1993) .

٩) أنورثوزيت وادي خُمال (أنورثوزيت ينبع)

يعرف بأنورثوزيت راكان (Rakan) البني الأسود ويوجد في جبل راكان ٤٠ كيلو متراً شمال غرب ينبع البحر ، وهو أنورثوزيت يتكون من الفلسبار والبيروكسين، لونه بني قاتم وله بريق أوبالي رائع، فريد في نوعه، يناسب أغراض الديكور الخارجية والداخلية وأقراص المناضد وغيرها، ويستغل حاليا والاحتياطيات هائلة (Laurent 1993) .

١٠) حجر جيري الرياض (حجر الرياض)

في جبل الطويق ومنطقة واسعة الامتداد غرب وجنوب الرياض ، وهو حجر جيري سرئي لونه أصفر بيج، عالي المسامية غير مقاوم للأحماض ، لذا يصلح أساساً لأغراض الديكور الداخلية ويجري استغلاله حاليا والاحتياطيات منه غير محدودة (Laurent *et. al.* 1975) .

١١) رخام فرسان الأبيض

في جبل فرسان ، حوالي ١٢٥ كيلو متراً إلى الشمال شمال شرق جدة، وهو رخام أبيض اللون مع بعض البقع القاتمة ويميل إلى اللون الرمادي كلما اتجهنا للجنوب، ويصلح لأغراض الديكور الداخلية بصفة عامة والخارجية بشروط خاصة، ويجري استغلاله حاليا في صناعة بلاط الموزايكو وفي الحشو وبودرة الجدران واحتياطياته حوالى ٣ مليون طن تقريباً . ومن نفس المنطقة، وبنفس المواصفات يأتي رخام فرسان الأسود ذو اللون الأسود اللامع والذي تقطعه عريقات دقيقة بيضاء (Berton 1968 و Laurent 1969, 1993) .

١٢) رخام المدركة الرمادي الوردي

في منطقة المدركة في جبل قرين (Grain) ، حوالي ١٢٠ كيلو متراً إلى الشمال الشرقي من جدة ، وهو رخام رمادي اللون دقيق التحبب مع عريقات من البني والأخضر صالح لكافة أغراض الديكور الداخلي والخارجي ، ويجري استغلاله حالياً واحتياطياته كبيرة (حوالي ٢٠٠,٠٠٠ م٣ (Laurent 1993) . ومنه نوعية تعرف باسم رخام المدركة الوردي البني ، لونه بيج مع عريقات من الرمادي القاتم إلى الأخضر من بعض معادن الاسكارن (skarn minerals) . ونوعية أخرى يغلب عليها اللون الرمادي مع بعض العريقات الفاتحة اللون تعرف باسم رخام المدركة الرمادي الأسود .

١٣) رخام فاطمة الرمادي البني (رخام وادي فاطمة الرمادي)

في وادي فاطمة ، ٤٥ كيلو متراً إلي الشرق – جنوب شرق جدة ، وكذلك في شمال مكة المكرمة على بعد حوالي ٤٥ كيلو متراً وهو رخام متوسط حجم الحبيبات ، مبرقش من الأبيض والرمادي مع بعض العروق البنية الغامقة ، وهو صالح لكافة أغراض الديكور الداخلي والخارجي . وقد استخدم في المسجد الحرام في مكة المكرمة وبخاصة الموجود على بعد ٤٥ كيلو متراً شمال مكة في وادي فاطمة ، ويجري استغلاله حاليا والكميات المتاحة منه محدودة إلى حد ما (Laurent 1970 a) .

١٤) رخام تربة الوردي (رخام تربة)

من وادي تربة ، ١٢٠ كيلو متراً إلى الجنوب الشرقي من الطائف وهو رخام دقيق الحبيبات لونه وردي فاتح إلى كريمي مع عريقات رمادية مخضرة ، ويصلح لكافة أغراض الديكور ، ويجري استغلاله حاليا واحتياطياته كبيرة .

١٥) رخام خانوقة الرمادي (رخام خانوقة)

في جبل خانوقة على بعد ١٣ كيلو متراً شمال مدينة البجادية ، وحوالي ٩٠ كيلو متراً إلى الشرق شمال شرق من عفيف ، وهو رخام دقيق التحبب رمادي اللون مع عروق بيضاء ، وصالح لأغراض الديكور والزينة الداخلية والخارجية ، ويستغل بوفرة في الوقت الحاضر . والاحتياطيات المتوافرة منه هائلة (Laurent 1972 a, 1993) .

١٦) رخام غزلان الرمادي

من جبل غزلان ، ١٠٥ كيلو مترات إلى الجنوب من عفيف ، وهو رخام دقيق التحبب رمادي اللون لا يستغل حاليا واحتياطياته كبيرة (Laurent 1970 b) .

١٧) رخام الخوار الأسود (رخام الخوز)

جبل الخوار ، ٨٥ كيلو متراً شرق - شمال شرق عفيف وهو رخام دقيق التحبب يحتوي على كميات قليلة من الليمونيت وبعض المواد الكربونية ، لونه أسود فريد ، صالح لأغراض الديكور الداخلية فقط ، ويستغل حاليًا والاحتياطيات كبيرة حوالي ١٠ مليون متر مكعب (Laurent 1970 b , 1993) .

الفصل التاسع

الأحجار الكريمة

Gemstones

يضم المصطلح «أحجار كريمة» تلك المعادن وبعض المواد الطبيعية الأخرى التي يمكن استخدامها في الزينة الشخصية وتجهيز بعض أغراض الديكور الأخرى، والتي أعجب بها الإنسان واستعملها منذ آلاف السنين، وتضم القائمة التي استعملها الإنسان من عصور ما قبل التاريخ أكثر من ١٥ معدنًا، بالإضافة إلى الكهرمان والزجاج الطبيعي.

ويرتبط بالأحجار الكريمة الطبيعية مصطلحان، هما مواد الاحجار الكريمة الصناعية (synthetic gem material) ، وهذه تتشابه مع المواد الطبيعية في تركيبها الكيميائى وبنيتها البلورية، ومواد التقليد (imitation materials)، وهذه تستعمل بسبب التشابه في المظهر، رغم الاختلاف في التركيب والبنية، مع المواد الطبيعية.

أيضاً يستخدم الوصف «أحجار كريمة gemstones » للمواد التي يمكن استخدامها في أغراض الزينة الشخصية، في حين يفضل الاسم «أحجار الديكور أو أحجار الزينة decorative stones ، لباقي المواد التي تستعمل في أغراض الديكور وتجميل المكان.

كانت العادة في السابق استخدام الوصف (الأحجار النفيسة precious stones) ويشمل الماس والزمرد والياقوت والزفير على أساس قيمتها المادية المرتفعة، واستخدام الوصف (الأحجار شبه النفيسة semi-precious stones) للمواد الأخرى مثل الأوبال والعقيق ونوعيات الكوارتز المختلفة، على أساس من القيمة المادية وقانون العرض والطلب. وفي السنوات الأخيرة تبين أنه لا يمكن التفريق بين المجموعتين في الواقع، لذا سقط الاسمان ويكتفى بالإشارة إليها كلها باسم الأحجار الكريمة (gemstones).

وأهم الخصائص التي تجعل من معدن ما حجراً كريمًا، هي جمال الشكل واللون، ومقاومة البلَى، والندرة، وإمكانية حمله بسهولة. وهناك عامل آخر مهم هو طريقة قطع المعدن وصقله لإبراز أهم خصائصه اللونية والبصرية، ويضاف إلى ذلك طبعا الذوق الشخصي.

وهناك ما لا يقل عن ١٥٠ معدنًا استخدمت كأحجار كريمة، ندرج أهمها في الجدول رقم (١)، والذي يضم بالإضافة إلى المعادن بعض المواد العضوية والتي ليست معادن بالمعنى الحرفي للكلمة، إلا أنها مواد موجودة في الطبيعة وتشترك مع المعادن المستخدمة في أهم صفاتها السابق ذكرها.

وفي الوقت الحاضر، يستخدم حوالي ٢٥ معدنًا ومجموعة معدنية كأحجار كريمة مطلوبة، بالإضافة إلى أربع أو خمس مواد عضوية النشأة طبيعية التكوين، ومن بين هذه يكون الماس هو أهمها جميعًا على أساس القيمة، ويمكن تقسيم باقي المواد على النحو التالي:

معادن ألوميناتية : كريزوبريل.

معادن ألومينوسليكاتية : فلسبار، لازوريت.

معادن سليكاتية أخرى : بريل، جارنت، جيد (وهو أحد معدنين جيديت Jadeite أو نفريت Nephrite)، أولبفين، أوبال، كوارتز، توباز، زركون.

معادن أكاسيدية : كورندم (ياقوت، زفير)، هيماتيت، إسبينل.

معادن بوروسليكاتية : تورمالين.

معادن فوسفاتية : تركواز.

مواد عضوية : كهرمان، جت، مرجان، لؤلؤ.

وتتكون الأحجار الكريمة تحت كل الظروف والبيئات الجيولوجية المعروفة، فمنها ما يتبلور من الصهارة مباشرة، ومنها ما يتكون تحت ظروف الضغط والحرارة مع الصخور المتحولة، بل إن منها ما يتبلور مباشرة من المحاليل المائية أو بفعل الكائنات العضوية.

وتقع معظم الأقاليم الرئيسة لإنتاج الأحجار الكريمة على حواف مناطق الدروع القديمة حيث تصاحب الصخور النارية والمتحولة لما قبل الكمبري كما يستخرج الكثير منها من رواسب المراقد (placers) الناتجة عن تجوية هذه الصخور.

فمن الصخور النارية فوق القاعدية ، يستخرج الماس بصفة أساسية ، وبالإضافة يستخرج بعض الزفير ، والياقوت ، والأوليفين والبَيْروب ، والروديوليت ، واليوفاروفيت ، وبعض الجيد.

أما صخور البجماتيت النارية فهي أهم مصدر للأحجار الكريمة (فيما عدا الماس) ، فمنها الأباتيت ، والزمرد ، والفلسبارات المختلفة وأنواع الكوارتز والزفير ، والياقوت ، والسبينل ، والتوباز ، والتورمالين ، والزركون وغيرها.

ومن الصخور النارية القلوية يُحصل في العادة على الزفير ، والياقوت ، والفلسبار والجروسيولاريت ، والزركون.

أما الصخور المتحولة ذات الأصل الجيري فمنها يحصل على الأزوريت ، والسبينل والزفير ، والياقوت ، والزمرد ، والجروسيولاريت ، والأيدوكريز ، والتورمالين . وفي الصخور المتحولة غير الجيرية ، يوجد الزفير ، والياقوت ، والزمرد ، والأكوامارين ، والكريزوبريل ، ومختلف أنواع معادن الجارنت . ويترسب الكثير من الأحجار الكريمة من المحاليل المائية في صورة بلورات في كهوف في العادة ، أهمها الأنواع خفية التبلُّر من الكوارتز ، بالإضافة إلى الأميثيست ، والسِّترين ، والأوبال ، والتورمالين ، والتوباز.

وربما كانت رواسب المراقد (placers) من أهم مصادر الأحجار الكريمة ، ذلك لأن معظمها مقاوم لعمليات التجوية ، وعالي الكثافة نسبياً ، لذا تتجمع في هذه الرواسب ، ومن أهم الأحجار الكريمة الموجودة فيها نذكر الماس ، والتوباز ، والتورمالين ، والياقوت ، والزفير ، وأنواع الجارنت المختلفة.

يبين الجدول التالي أهم المعادن المستعملة كأحجار كريمة وتركيبها الكيميائي وخواصها الفيزيائية وألوانها ومعظم صفاتها الأخرى.

الأحجار الكريمة في المملكة العربية السعودية

لم يكتشف الكثير من المعادن المناسبة لتجهيز الأحجار الكريمة في المملكة حتى الآن، وأهم المعروف منها هو ما يلي:

■ الأميثيست (amethyst) وهو موجود في منطقة النِّجاب أو جبل الكريزية في منطقة الحليفة.

■ أمازونيت (amazonite) في وادي الخراز بمنطقة العلا.

■ بلور الصخر (rock crystal) في منطقة خمرة بإقليم ظلم.

هذا بالإضافة إلى بلورات الزبرجد (بريدوت) الموجودة في كثير من الفوهات البركانية لبركانيات الثلاثي والرباعي من أهمها:

فوهة جبل ثلمان، مجموعة فوهات جبل سمر، منطقة حرة كشب، فوهات أبو عريس، بصخور الغطاء، كالديرا الجب، وفوهة طابا في جبل سلمى بمنطقة حائل.

وتقوم المديرية العامة للثروة المعدنية بدراسة خاصة على هذه المعادن واحتمالاتها الاقتصادية وصلاحيتها للاستغلال.

جدول رقم (١) : أهم المعادن المستعملة كأحجار كريمة

المعدن	التركيب	اللون الأساسي	الشفافية	الصلابة (موهز)	الكثافة النوعية	التألق	ملاحظات
بريل أكوامارين	$Be_3Al_2Si_6O_{18}$	أزرق – مخضر	شفاف	٧,٥–٨	٢,٦–-٢,٩	متوسط	
زمرد		أخضر زرعي	شفاف	٧,٥–٨	٢,٦–-٢,٩	متوسط	
بريل ذهبي		أصفر برتقالي	شفاف	٧,٥–٨	٢,٦–-٢,٩	متوسط	
مورجانيت		أحمر – وردي	شفاف	٧,٥–٨	٢,٦–-٢,٩	متوسط	
كريزوبريل (الكسندريت)	$BeAl_2O_4$	أخضر في ضوء النهار	شفاف	٨,٥	٣,٥–٣,٨	عالي	تغير لوني شديد
كورندم ياقوت زفير	Al_2O_3	أحمر – قرمزي – بنفسجي	شفاف	٩	٣,٥–٣,٨	عالي	تغير لوني مميز ونطاقية لونية أحيانا
		محمر عديم اللون–أزرق–أخضر	نصف شفاف				
الماس	C	عديم اللون – أبيض مزرق اصفر – احمر – بني – أزرق	شفاف	١٠	٣,٥	متناهي الشدة	بريق ألماس مميز وتشتيت شديد للضوء
فلسبار أمازونيت	$KAl\ Si_3O_8$	أخضر مزرق – أخضر	غير شفاف	٦–٦,٥	٢,٥–٢,٨	منخفض إلى متوسط	
حجر القمر	$NaAl\ Si_3O_8$	أبيض فضي					
جارنت المتين	$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$	أحمر – بني – عسلي	شفاف	٧–٧,٥	٣,٤–٤,٣	عالي	نطاقة لونية أحيانا
بيروب	$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	من أحمر إلى أسود	شفاف				
رودوليت	$(Fe,Mg)_3Al_2(SiO_4)_3$	أحمر وردي إلى بنفسجي	شفاف				
جروسيولاريت	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$	أبيض – لون القرفة – أحمر	شفاف				
يوفاروفيت	$Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$	أخضر	شفاف				
هيماتيت	Fe_2O_3	رصاصي فولاذي – أسود	غير شفاف	٥–٦,٥	٤,٩–٥,٣	عال جدا	يتميز بالبريق المعدني الشديد
ايدوكريز	$Ca_{10}Mg_2Al_4$	أخضر مع ظلال صفراء	غير شفاف	٦,٥	٣,٣–٣,٥	عالي	اللون غير متجانس في العادة
(فيزوفيانيت)	$(SiO_4)_5(Si_2O_7)_2(OH)_4$	أو زرقاء	غير شفاف	٦,٥	٣,٣–٣,٥	عالي	اللون غير متجانس في العادة
جيد جيديت	$Na(Al,Fe)Si_2O_6$	أبيض إلى أخضر مصفر	غير شفاف	٦,٥–٧	٣,٣	متوسط	اللون غير متجانس في العادة
نفريت	$Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$	أخضر وأخضر مصفر			٣–٣٢	مع وجود بقع بيضاء	
لازوريت (لابيس لازولي)	$(Na,Ca)_7(AlSi)_{12}(O,S)_{24}$ $[(SO_4), Cl_2, (OH)_2]$	أزرق قاتم	غير شفاف	٥–٥,٥	٢,٤–٢,٩	منخفض	به في العادة أرضية من البيريت والمعادن الأخري
مالاكيت	$Cu_2(CO_3)(OH)_2$	أخضر مميز	غير شفاف	٣,٥–٥,٥	٣,٩–٤	متوسط	يتميز في العادة بالتراكيب العنقودية وتتغير درجات اللون

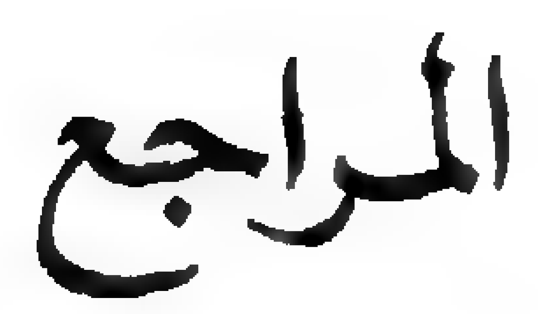
أهم المعادن المستعملة كأحجار كريمة (تابع)

أوليفين (بريدوت) زبرجد	Mg_2SiO_4	أخضر مصفر أو أصفر	شفاف	٦,٥-٧	٣,٢-٣,٥	متوسط إلى عال	تشتيت ضعيف للضوء
أوبال	$SiO_2 \cdot nH_2O$	عديم اللون إلى متعدد الألوان	غير شفاف	٥,٥-٦,٥	١,٩-٢,٣	منخفض	تلاعب ألوان شديد ومميز
أسبنل	$MgAl_2O_4$	أصفر - وردي - أحمر برتقالي - أخضر - أزرق	شفاف	٨	٣,٥-٣,٧	عال	تشتيت متوسط للضوء
توباز	$Al_2SiO_4(F,OH)_2$	عديم اللون - أصفر - نادرا أحمر أو أزرق	شفاف	٨	٣,٤-٣,٦	متوسط	تشتيت متوسط للضوء
تركواز (فيروز)	$CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8 \cdot 5H_2O$	أخضر مزرق أو أخضر مصفر - أزرق رمادي	غير شفاف	٥-٦	٢,٦-٢,٨	متوسط	تقطعه عروق من الأكاسيد السوداء في العادة
تورمالين أنشوريت	$(Na, Ca)(Li, Mg, Al)$ $(Al, Fe, Mn)_6(BO_3)_3$ $Si_6O_{18}(OH)_4$	عديم اللون	شفاف	٧-٧,٥	٢,٩-٣,٢	متوسط	تطاقية لونه شائعة جدا، تلاعب ألوان قوي وتشتيت متوسط للضوء
أميراليت		أخضر	شفاف				
انديكوليت		أزرق	شفاف				
روبيليت		وردي الى بنفسجي	شفاف				
شورليت		أسـود	غير شفاف				
سيبيريت		بنفسجي	شفاف				
زركون				٦-٧,٥	٤-٤,٨	عال جدا	تشتيت شديد للضوء، مهدم البنية جزئيا أو كليا في العادة
زركون أزرق	$ZrSiO_4$	أزرق - أزرق مخضر	شفاف				
هياسينث		أصفر - أصفر برتقالي	شفاف				
جارقون		رمادي - أخضر - بني	شفاف				
زركون أبيض		أبيض	شفاف				
السيليكا							
كوارتز (متبلور)	SiO_2			٧	٢,٧	منخفض	
أميثيست (الجمشت)		بنفسجي	شفاف				
أفنتيورين		أصفر - أحمر	شفاف				
عين الهر		رمادي - أخضر - بني	غير شفاف				
سترين		أصفر	شفاف				

	بلّور الصخر		عديم اللون	شفاف				
	كوارتز وردي		وردي	شفاف				
	كوارتز مدخن		رمادي الى بني	شفاف				
	كوارتز السفير		أزرق	شفاف				
	عين النمر		أحمر – أزرق – بني	غير شفاف				
خفية	التبلُّر							
	العقيق		مختلف الألوان	غير شفاف		٢,٦		شرائط مقوسة مختلفة الألوان
	حجر الدم		أخضر قاتم مع بقع حمراء	غير شفاف				
	كاريتليان		أحمر – أحمر برتقالي	غير شفاف				
	كالسيدوني		أبيض، رمادي، أسود	غير شفاف				
	كريزوبريز		أخضر فاتح	غير شفاف				
	جاسبر		أحمر – أصفر – بني					
	أونكس		متعدد الألوان					شرائط وأحزمة مستقيمة مختلفة اللون
	بلازمـــا		أخضر					
	بريز		أخضر					
	سارد أونكس		أحمر – بني					

وبالإضافة إلى ما سبق، هنالك بعض المواد عضوية النشأة تستعمل أيضًا في الحلى وأغراض الزينة من أهمها :

	الكهرمـــان	هيدروكربون	أصفر – بني – أحمر	غير شفاف	٢ – ٢,٥	١ – ١,١	منخفض	يحتوي على مكتنفات من مواد غريبة في العادة
	رجت	كربون مع بعض الشوائب	أســـود	غير شفاف	٢ – ٢,٥	١,١ – ١,٤		بريق صمغي مميز
	مرجـــان	كربونات كالسيوم						
	مرجان أسود		أســـود	غير شفاف	٣,٥ – ٤	٢,٦ – ٢,٧	متوسط	الأشكال الشجيرية شائعة
	مرجان شائع		أبيض – رصاصي – مخضر	غير شفاف	٣,٥ – ٤	٢,٦ – ٢,٧	متوسط	الأشكال الشجيرية شائعة
	مرجان نفيس		أحمر – برتقالي – بني	غير شفاف	٣,٥ – ٤	٢,٦ – ٢,٧	متوسط	الأشكال الشجيرية شائعة
	اللـــؤلـــؤ	كربونات الكالسيوم	أبيض – فضي – وردي باهت	غير شفاف	٢,٥ – ٤	٢,٥ – ٢,٧	متوسط	أشكال طبيعية مختلفة للحبات



Afifi, A.M. (1990) *Environments of gold telluride mineralization in the Mahd Adh Dhahab district, Arabian Shield.* Ph.D. dissertation, Ann Arbor Univ. of Michigan, 208 p.

Ahmad, M.S. (1979) *Geology and mineralization of Umm Ad Damar area,* Ph.D. thesis, Faculty of Earth Sciences, 221 p.

Alabouvette, B. and **Pellaton, C.** (1975) Geology and mineral resources of the Wadi Kamal Quadrangle (24/37), *BRGM report 75-JED-18,* 26 p., 2 pl., (1:100,000), 2 ill., 2 app.

Al Fotawi, B.A. (1989) *Geologic and radiometric studies of the area east of Jabal Az Zuhd North Arabian Shield, K.S.A.,* M.Sc. thesis, KAU, FES, 124 p.

Al-Koulak, M.Z. (1981) Geological, mineralogical, and geochemical studies of the Mahawiyah ancient mine, *Kingdom of Saudi Arabia, USGS Technical Record TR-18,* 31 p.

———— (1985) *Geology and petrology of the Al Ajardah ring complex and Bani Amr Syenites of the southern Arabian Shield,* Ph.D. thesis, KAU, FES, Jeddah, 307 p.

Allcot, G.H. (1969) Ashaib, zinc-copper prospect, Mineral Resources Research, 1967-1968, *Kingdom of Saudi Arabia – DGMR,* pp. 20-21.

Al-Sari, A.M., Al-Shanti, A.M. and **El-Mahdy, O.R.** (1982) Composition of Al-Amar ore deposits, *King Abdulaziz University, FES Bull.,* **6:** 579-591.

Al Shanti, A.M. (1966) Ootitic iron ore deposits in Wadi Fatima, between Jeddah and Mecca, *Directorate General of Mineral Resources Bulletin,* **2:** 51 p.

———— (1970) Rabigh Barite deposits, Mineral Resources Research 1968-1969, DGMR, KSA, pp. 51-58.

———— (1976) Mineralization of Ad Dawadimi district, Kingdom of Saudi Arabia; *DGMR Bull.* 14, 49 p.

Al Shanti, A.M. and **El Mahdy, O.R.** (1989) Chromite deposits of Saudi Arabia, King Abdulaziz City for Science and Technology; *Final project report No.* **AT-6-094,** 167 p.

Al Shanti, A.M. and **Gass, I.G.** (1983) The Upper Proterozoic Ophiolite melange zones of the eastern most Arabian Shield, *J. Geol. Soc. London,* Vol. **140,** part 6, pp. 867-876.

Al Shanti, A.M., Hassan, M.A., Hussein, A.A. and **El Mahdy, O.R.** (1989) Evidence for element mobility in some metavolcanic rocks in the vicinity of mineralized areas in the Arabian Shield, *J. KAU:, Earth Sci.,* **2:** 85-103.

Ashworth, K.L. and **Abdulaziz, M.I.** (1978) Economic geology and evolution of Jabal Idsas deposits [23/45 C], *DGMR, KSA, Open-File Report DGMR-***664,** 138 p.

Bäcker, H. (1976) Fazies und chemische zusammensetzung rezenter Ausfällungen aus Mineralquellen in Roten Meer. *Geol. Jb., D.* **17:** 151-172.

Bäcker, H. and **Richter, H.** (1973) Die Rezente hydrothermal Sedimentare Lagerstatte Atlantis II – Tief im Roten Meer. *Geol. Rundsch.,* **62**(3): 697-741.

Baghdadi, A.J. (1981a) Prospecting for ornamental stones in Taif area, *KSA, B.R.G.M. – OF-***01-10,** 9 p.

———— (1981b) Prospecting for ornamental stones, Madinah-Al Hanakiyah area, *B.R.G.M.-OF-***01-9,** 11 p.

——— (1987) Granitic rocks suitable for ornamental stones in the Kingdom of Saudi Arabia, *B.R.G.M.-OF*-**07-1**, 70 p.

——— (1988) Marble and limestone suitable for ornamental stones in Saudi Arabia, *B.R.G.M.-OF*-**08-11**, 25 p.

Bardossy, G. (1973) Bauxite Formation and Plate Tectonics, *ACTA Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, **17**: 141-154.

Bayly, R.W. (1972) Geologic map and section of the wadi Yiba quadrangle (19/41D), *KSA, USGS, 1 pl.*, (1:100,000) with text, 6 p.

Berge, J.W. and **Jack, L.** (1982) The phosphorites of West Thaniyat: Contribution to IGCP Project 156, Phosphorites, World Phosphate Deposits, *in:* **Notholt** and **Sheldan (eds.)**, *World Phosphate Rock Resources*, Cambridge University Press, London.

Berton, Y. (1968) Occurrences of marble at Jabal Farasan, *KSA, B.R.G.M.-TR, 68*-**JED-3**, 5 p.

Bhutta, M.A. (1966) Physical and geological characteristics of the Northern Ad-Dughm glass sand deposit, Ar-Riyadh district, Saudi Arabia. Mineral Resources Report of Investigations 1, *Directorate General of Mineral Resources - Jeddah*, 27 p., 4 plates.

Black, R.Y. (1982a) Az Zabirah bauxite project, Phase 1 and 2 evaluations, *Open-File Report RF-OF*-**02-6**, 80 p.

———(1982b) Bauxite exploration Khashm Khafs area, *Open-File Report RF-OF*-**02-7**, 7 p.

Black, R.Y., Bognar, B., Watson, A.D. and **Barnes, D.P.** (1982) Evaluation of the Az Zabirah Bauxite Deposit 1400-1402H (1980-1982G), *Technical Record RF-TR*-**02-2**, 157 p.

Black, R.Y., Lozej, G.P. and **Maddah, S.S.** (1984) Geology and mineralization of Az Zabirah bauxite, Northern Saudi Arabia, *in:* **Jacob, L. Jr., (ed.)**, *Bauxite Proc. 1984 Bauxite Sym., Los Angeles*, Amer. Inst. Min. Mett. and Pet. Eng., New York.

Bokhari, M.A. (1979) *Geology and origin of the magnesite deposits in the Jabal Rokham area, K.S.A.*, M.Sc. thesis, KAU, FES, 150 p.

Bowden, R.A. and **Smith, G.H.** (1981) Jabal Sayid district, overview study, Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Technical Record, *RF-TR*-**01-2**, 110 p.

British Steel Corporation (Overseas Services) Ltd. (1981) Exploitation of Sawawin ore deposits, Deputy Ministry for Mineral Resources confidential report.

Brobst, D.A. and **Pratt, W.P.** Editors (1973) United States Mineral Resources, *Geological Survey Prof. Paper*, **820**, 722 p.

Brosset, R. (1970) Zarghat Magnesite deposit, *KSA, BRGM Technical Record, 70*-**JED-2**, 20 p., 1 fig., 6 maps.

——— (1972b) Geology and Geochemistry at Um Ash Shalahib, zone A-D, *KSA, BRGM, Technical Record* 72-**JEDA-21**, 15 p., 3 maps, 1 appendix.

Brown, G.F. (1972) Tectonic map of the Arabian Peninsula, *DGMR Arabian Peninsula Map* **AP-2**, scale 1:4,000,000.

Cater, F.W. and **Thomson, P.R.** (1987) Geological Map of the Jabal Ibrahim Quadrangle, Sheet 20E, Kingdom of Saudi Arabia, *Geoscience Map, GM*-**96** C.

Cartier, A. (1983) Geochemical prospecting around the "Ablah mine", *DMMR Open-file Report, BRGM-OF*-**03-42**, 19 p., 9 fig.

——— (1984) Fluorite prospecting at Jabal Hadb Diahin and in the Suhur-Wadi Hulayfah areas, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report BRGM-OF*-**04-8**, 61 p.

Chevremont, P. (1982) Core drilling in the Wadi Kamal area, 1978-1979, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report BRGM-OF*-**02-37**, 20 p.

——— (1983) Bibliographic review of Platinum Group Mineralization in the world and the possibility of such mineralization within ultramafic complexes in Saudi Arabia, *DMMR Technical Record BRGM, TR*-**03-3**, 62 p., 6 fig., 6 tables, 3 app.

Chevremont, P. and **Cassard, D.** (1986) Platinum group rock geochemistry in the northwest Arabian Shield. Discovery of a platinum and palladium occurrence in Wadi Kamal complex, *Open-File Report BRGM OF*-**06-20**, 43 p.

Chevremont, P. and **Johan, Z.** (1981) Wadi Kamal-Wadi Murratijah ultramafic layered complex, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report BRGM*-**01-36**, 143 p.

———— (1982) Wadi al Hwanet-Jabal Iss ophiolitic complex, *DMMR Open File Report, KSA, BRGM-OF*-**02-14,** 30 p., 7 ills., 5 tables.

Chevremont, P. and **Vaillant, F.X.** (1983) Mineral investigation for chromite and gold related to the Al Ays ultramafic complex, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report, KSA, BRGM*-**03-7,** 66 p.

Cole, J.C. and **Hedge, C.E.** (1985) Late Proterozoic geochronology in the northeastern Shield of Saudi Arabia, *Unpublished data on file in the Jeddah office of the U.S. Geological Survey, Saudi Arabian mission.*

Cole, J.C., Smith, C.W. and **Fenton, M.D.** (1981) Preliminary investigation of the Baid al Jimalah tungsten deposit, *Kingdom of Saudi Arabian Mission Techical Record 20* (interagency report 377), 26 p.

Conreaux, J. (1969) Preliminary results of exploratory drilling of the Jabal ar Rokham magnesite prospect, in Mineral Resources Research, 1967-1968, *Directorate General of Mineral Resources Report,* pp. 22-24.

Conreaux, J. and **Delfour, J.** (1970) Compilation report on drilling at the As Safra prospect, drill holes SE1, SE2, SE3, SE4, SE5, SE6, and SE7, *BRGM Report 70*-**JED-9,** 39 p.

Cottard, F.G., Abdulhady, G., Artignan, D., Coumon, A., Rusbichon, Rh., Tringuard, R. and **Vadala, P.** (1989) A new type of auriferous mineralization in the southern shield of Saudi Arabia, *King Abdulaziz Univ., First Saudi Symposium on Earth Sciences,* Abstracts.

Dadet, P. (1967) The mineral resources and geology of the area north of Al Ays, *B.R.G.M. Report, SG-JED 67* **A15,** 50 p.

Dairi, G.K. (1987) *Mineralization and environments of formation of the Sidarah granite complex,* M.Sc. thesis, King Abdulaziz University, Faculty of Earth Sciences, 98 p.

Delfour, J. (1967) Report on the mineral resources and geology of the Hulayfah-Musayna'ah region (sheet 78, Zone 1 North), *KSA, BRGM Technical Record SG-JED-66* **A8,** 138 p., 4 figs., 11 plates, 7 maps, 4 profiles, 2 apps.

———— (1968) Completion report on drill holes Mu6, Mu7, Mu8, Mu9, and Mu10, Musayna'ah prospect (25/40B), *KSA, DGMR internal report, 68-JED-14,* **40 p.,** 12 ill.

———— (1970) Preliminary data on the Zurayghit-Zarghat magnesite prospect: In mineral resources research 1968-1969, *Saudi Arabian Directorate General for Mineral Resources Bulletin,* 101-104, 2 figs.

———— (1975) Geology and mineral exploration of the Nuqrah quadrangle, 25/41 A, *KSA, BRGM Technical Record 75*-**JED-28,** 96 p., 1 fig., 1 table, 16 maps, 1 section, 4 app.

———— (1982) Geology and mineral resources of the northern Arabian Shield, synopsis of BRGM investigations 1965-1975, *DMMR Open File Report, BRGM-OF*-**02-30,** 256 p., 33 figs., 25 tables, 22 plates, 2 app.

———— (1983) Geology and mineral resources of the northern Arabian Shield, *Technical Record BRGM-TR*-**03-1,** 217 p.

Dirom, G.A. (1946) Preliminary report on ancient gold mines, Najd, Saudi Arabia, Saudi Arabian Directorate General of Mineral Resources, *Open-file Report* **23,** 36 p., 6 illus.

Dodge, F.C.W. (1973) Geology and evaluation of tungsten anomalies, Buhairan-Abu Khurg, southern part of the Uyaijah ring structures, *U.S. Geological Survey Report* **163,** 32 p.

Dodge, F.C.W. and **Rossman, D.H.** (1975) Mineralization in the Wadi Qatan area, *KSA, U.S. Geological Survey Project Report* **190,** 71 p.

Donzeau, M. (1980a) Geologic study of the Jabal ash Shizm prospect, *BRGM Open-File Report, 80*-**JED-5,** 27 p.

———— (1980b) Primary data from the Jabal ash Shizm prospect, *BRGM Open-File Report JED-OR*-**80-14,** 10 p.

Drysdall, A.R. and **Douch, C.J.** (1985) Nb-Th-Zr mineralization in microgranite-microsyenite at Jabal Tawlah, Midyan region; in Felsic plutonic rocks and associated mineralization of the Kingdom of Saudi Arabia, *Mineral Resources Bull.* **29:** 275-288.

Drysdall, A.R., Jackson, N.J., Douch, C.J., Ramsay, C.R. and **Hackett, D.** (1984) Rare element mineralization related to Precambrian alkali granites in the Arabian Shield. *Econ. Geol.* **79:** 1366-1377.

du Bray, E.A., Smith, C.W. and **Samater, R.M.** (1984) Results of grid sampling and large scale geologic mapping. Silsilah tin deposits, Kingdom of Saudi Arabia, *DMMR Open-File Report USGS-OF*-**04-47,** 41 p.

Duhamel, M. (1971) Geology and mineral exploration of the As Safra quadrangle (24/41D), *BRGM Report 71-JED*-7, 49 p., 2 pl. (1:100,000), 1 ill., 2 app.

Earhart, R.L. (1968) A preliminary investigation of a copper occurrence at Jabal Sa'aban (Sarbon) (18/41B); Tihamt ash Sham quadrangle, *KSA, DGMR internal report TL*-**102,** 11 p., 2 figs.

Earhart, R.L. and **Mawad, M.M.** (1970) Geology and mineral evaluation of the Wadi Bidah district [20/41A, C] southern Hijaz quadrangle, *USGS Report* **PR-119,** 100 p., 10 figs., 7 tables, 1 pl. (1:50,000), 5 pl. (1:1000).

El-Mahdy, O.R. (1980) Mineralization and metamorphic features at the As-Safra copper prospects, Saudi Arabia; In evolution and mineralization of the Arabian-Nubian Shield, King Abdulaziz University, *I.A.G. Bull. 3,* **3:** 63-79.

Elsass, P. and **Achard, D.** (1983) Prospecting in the Ar Ridaniyah Al Hasraj area (1979), *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report, BRGM-OF*-**03-1,** 22 p.

Elsass, P., Milesi, J.P. and **Pouit, G.** (1983) Geological and volcanogenic features of the Zn-Cu-Ag-Au, al Musanè deposit, *KSA, BRGM Open-File Report BRGM-OF*-**03-62,** 27 p.

Fujii, N. (1977) Koalin clay deposits, Khashim Radi area [24/47 D], Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources, *Japanese Geological Mission Report* **TR-1977-11,** 26 p., 9 figs., 1 table.

Fujii, N. and **Kato, K.** (1979) Geology and copper deposits of the Jadmah prospect [19/41 B], northern wadi Shawas area, KSA, Deputy Ministry for Mineral Resources, *Japanese Geological Mission Report, TR*-**1979-2,** 21 p., 8 figs., 3 tabs.

Fujii, N., Kato, K. and **Kuwagata, H.** (1973) Preliminary report on geology and mineralization of the Al Hajal prospect, northern wadi Shwas are [19/42A], *Japanese Geological Survey Report JGS*-**6-2,** 20 p., 4 ill., 1 table.

Fujii, N., Komi, K. and **Hisaok** (1973) Preliminary report on geology and mineralization of Al Hajal prospect, northern Wadi Shwas area, *Kingdom of Saudi Arabia, DGMR, (JGS* **6-2**), 20 p.

Goldsmith, R. (1971) Mineral Resources of the Southern Hijaz Quadrangle, Kingdom of Saudi Arabia, Directorate General of Mineral Resources, Jeddah, *Mineral Res. Bull. No.* **5,** 62 p., 30 figs., 7 tabs., 1 map.

Gonzales, L. (1970) Nickel-Cobalt anomalies in laterite at Jabal Jedair, in: *DGMR Mineral Resources Research 1968-1969, Kingdom of Saudi Arabia,* pp. 24-26.

Greene, R.C. (1982) Reconnaissance geology of the Jabal Dalfa Quadrangle, sheet 21/43 C, Kingdom of Saudi Arabia, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources, Open File Report USGS-OF*-**02-86,** 63 p.

Greenwood, W.R., Jackson, R.O. and **Johnson, P.R.** (1986) Geologic map of the Jabal Al Hasir quadrangle, sheet 19F, *DGMR Geologic map,* scale 1:250,000.

Hacket, D. (1982) Mineral resource potential of the Umm Matierah gold prospect (21/43C), *Open-file Report DGMR-OF*-**02-23,** 29 p.

Hacket, D. (1985) Mineralized aplite-pegmatite at Jabal Sayid, Hijaz region, Kingdom of Saudi Arabia, DMMR, *Mineral Resources Bull.* **29:** 257-266.

Hakim, H.D. (1979) Ferrous/Ferric ratios as an indication of near surface mineralization at Mahd adh Dhahab, Saudi Arabia. In Evolution and Mineralization of the Arabian-Nubian Shield, *King Abdulaziz University, IAG Bull.* **3:** 57-63.

Hazza, A. and **Baghdadi, A.J.** (1982) Prospecting for ornamental stone in the Najran Region, *KSA, B.R.G.M.-OF*-**02-31,** 8 p.

Henry, B. and **Lefevre, J.C.** (1967) Preliminary report on the mineral resources and geology of the area north of Al Aŷs (sheet 89-90, zone III), *BRGM Technical Record SG-JED*-**66-A20,** 88 p., 16 maps, 2 apps.

Higashimoto, S. (1970) Investigation of Titaniferous iron-ore deposits in the Wadi Hayyan-Wadi Qabqab district, Deposits in the East Hayyan area, *Min. Resources Res. 1968-1969, DGMR, Kingdom of Saudi Arabia,* pp. 67-71.

Hopwood, T. 1979) An exploration study of metal deposits in the Jabal Sayid region [23-24/40-41], KSA, *Deputy Ministry for Mineral Resources Report RFO*-**1979-9,** 169 p., 140 figs., 3 tabs., 7 app., 4 pl.

Huckerby, J.A., Moore, J. MacM. and **Davis, G.R.D.** (1982) Mineralization and structure at the Mahd Adh Dhahab gold mine, Saudi Arabia, *Abstract in Precambrian Research, Vol.* **16,** p. A24.

Idris, M.H. (1988) *A comparative study of mineral assemblages and environment of deposition of Al-Khnaigiyah and Al-Amar prospects,* M.Sc. thesis, King Abdulaziz University, Faculty of Earth Sciences, 194 p.

Igarashi, T. (1970) Investigations of Titaniferous iron-ore deposits in the Wadi Hayyan-Wadi Qabqab districts. (a) Deposits in the west Hayyan area, (b) Deposits in the Wadi Qabqab area, *Min. Resources Research, 1968-1969, DGMR, Kingdom of Saudi Arabia,* pp. 70-73.

Igarashi, T. and **Goto, H.** (1977) Gossans of the Al Mahtriq prospect, Wadi Shawas area, *KSA, DGMR Technical Record TR*-**1977-17,** 13 p.

Jackaman, B. (1972) Genetic and environmental factors controlling the formation of the massive sulfide deposits of Wadi Bidah and Wadi Wassat, *Saudi Arabian Directorate General for Mineral Resources Technical Record TR*-**1972-1,** 244 p.

Jackson, N.J. (1986a) Beryl pegmatite at Jabal Tarban, Southern Najd Region, Kingdom of Saudi Arabia, *Journal of African Earth Sciences,* **4:** 289-291.

———— (1986b) Mineralization associated with felsic plutonic rocks in the Arabian Shield. *J. Afr. Earth Sci.,* **4:** 213-227.

———— (1986c) Geology and mineralization of the Sidarah Monzogranite, Central Hijaz Region, Kingdom of Saudi Arabia, *Journal of African Earth Sciences,* **4:** 199-204.

Jackson, N.J. and **Douch, C.J.** (1985) Jabal Hamra REE-mineralized silexite, Hijaz region; in Felsic plutonic rocks and associated mineralization of the Kingdom of Saudi Arabia, *Mineral Resources Bull.* **29:** 269-274.

Jensen, M.L. and **Bateman, A.M.** (1981) *Economic mineral deposits,* 3rd Edition, John Wiley and Sons, 593 p.

Kattan, F.H. (1983) *Petrology and geochemistry of the Tuluhah belt, north east Arabian Shield,* M.Sc. thesis, King Abdulaziz University, Faculty of Earth Sciences, 111 p.

Kellog, K. and **Smith, C.** (1986) Geology and Tin greisen mineralization of the Akash granite, Northern Arabian Shield, *J. Afr. Earth Sci.* **4:** 205-210.

Kemp, J. (1977) Asbestos occurrences – A review, *Kingdom of Saudi Arabia, Technical Record TR*-**1977-15.**

———— (1982) Reconnaissance geology of the Al 'Ays quadrangle, 25/38 C, *Open-File Report BRGM-OF*-**02-43,** 101 p., scale 1:100,000.

Kemp, J., Gros, Y. and **Prian, J.P.** (1982) Geological map of the Mahd adh Dhahab quadrangle, sheet 23 E, *KSA, DMMR geologic map GM-64A,* 1 pl., (1:250,000) with text 39 p., 2 figs., 1 table.

Kiilsgaard, T.H. (1968) Evaluation of a diamond drilling program at the Samrah mine, near Ad Dawadimi, *KSA, U.S. Geological Survey Interagency Report* **106,** 77 p., 13 illus., 3 tables.

Kiilsgaard, T.H., Greenwood, W.R., Puffet, W.P., Naqvi, M., Roberts, R.J., Worl, R.G., Merghalani, H.M., Flanigan, V.J. and **Gazzaz, A.R.** (1978) Mineral exploration in the wadi Bidah district [20/41 A,C], 1972-1976, *KSA, Deputy Ministry for Mineral Resources Report PR*-**236,** 89 p., 17 figs., 4 tables.

Kluyver, H.M., Bege, V.B., Smith, G.H., Ryder, J.M. and **Van Eck, M.** (1981) Sirhan-Turayf phosphate project, results of work carried out under the Phosphate agreement (29th Dhual Hijja 1398 – 30th Jumad Thani 1401, 29th November 1978 – 4th May 1981), *Technical Record RF-TR*-**01-5,** 75 p.

Last, B.J. and **Oskoui, R.M.** (1983) Jabal Umm Matierah prospect [21/43 C] VLF electromagnetic survey, Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources.

Laurent, D. (1969) Marble at Jabal Farasan, southwest pyramid hill concession, *B.R.G.M.-TR,* **69-JED-50,** 51 p.

———— (1970a) Marble in Bahrah area, *KSA, B.R.G.M.-TR,* **70-JED-5,** 13 p.

———— (1970b) Prospecting for marble in the Afif area, *KSA, B.R.G.M.-TR,* **70-JED-21,** 32 p.

———— (1972a) Surveying and drilling in Jabal Khanougah marble, *KSA, B.R.G.M.-TR,* **72-JED-22,** 37 p.

———— (1972b) Granite and basic rocks for ornamental stone industry, *B.R.G.M., (Unpublished) internal note March 1972. D.G.M.R. Data File, B.R.G.M.*-**DF-X03-1,** 11 p.

———— (1974) Some igneous rocks usable as ornamental stone. Map (app-5) *in:* **Altmann, J.J.** and **Skipwith, P.A.** (1974), Summary of activities, *B.R.G.M., Saudi Arabia Mission, January 1965 to November 1974, B.R.G.M.-TR,* **74-JED-3,** 56 p.

———— (1975) Dimension stone in the Jeddah region, Al-Jumum granite, *KSA, B.R.G.M.-TR,* **75-JED-3,** 16 p.

Laurent, D. (1993) *Atlas of Industrial Minerals,* DGMR, Atlas, 136 p.

Laurent, D., Al Habshi, A. and **Raymond, C.** (1975) Industrial rocks in the Riyadh area, contribution to an inventory of the resources, *B.R.G.M.-TR,* **75-JED-22,** 86 p.

Legendre, O. (1982) *Mineralogie et géochimie des platinoides dans les chromitites ophiolitiques. Compaison avec d'autres types de concentrations en platinoides.* Thèse 3eme cycle (Ph.D. thesis), Université P. et M. Curie, Paris.

Lhegu, L. (1981) Fluorite and Barite in Saudi Arabia, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open File Report BRGM-OF*-**01-30,** 29 p., 3 figs., 1 table.

Lofts, P.G. (1982) A preliminary evaluation of the Baid al Jimalah tungsten prospect, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report RF-OF*-**02-21,** 223 p., 28 figs., 13 tables, 3 pls., 2 app., 1 photoplate.

Luce, R.W., Baghdady, A. and **Roberts, R.J.** (1975) Geology of ore deposits of Mahd adh Dhahab district, western Saudi Arabia, *U.S. Geological Survey Project Report* **195,** 29 p.

MacLean, W.H. (1958) Report on the Nuqrah mines, *Saudi Arabian Directorate General of Mineral Resources Open-File Report* **85,** 12 p., 4 ills.

MacLean, W.H. and **Khalek, A.** (1962) Jabel er Rockham magnesite deposits, *Saudi Arabian Directorate General of Mineral Resources Open-File Report* **167,** 14 p., 2 figs., 2 pl.

MacLean, W.H. and **Shanti, A.M.S.** (1958) Report on the ore deposits of the Al-Amar mining district, *Saudi Arabian Directorate General of Mineral Resources Open-File Report* **87,** 70 p., 12 ills.

Martin, C., Roberts, R.J. and **Stoeser, D.B.** (1979) Titaniferous magnetite in the layered intrusive complex at Lakathah, *KSA, USGS, Saudi Arabian Project Report* **238,** 36 p.

Mawad, M.M. (1980) Evaluation of the Wadi Mandahah ancient mine, Kingdom of Saudi Arabia, with a section on a geophysical survey *by:* **Merghelani, H.M.,** *US Geological Survey Saudi Arabian Project Report* **274,** 31 p.

Meissner, C.R. and **Ankary, A.** (1972) Phosphate deposits in the Sirhan-Turayf basin, *DGMR Report of Investigation MRRI*-**2,** 27 p.

Metz, K., Ertl, V., Fehleissen, F., Litscher, H. and **Petschnigg, H.** (1971) The geology of the Aqiq-Ablah and Wadi Bidah-Mahawiyah area [20/41] DGMR report TR-1971-2, 60 p., 22 fig., 4 pl.

Mideast Industries Ltd. (1966) Salt production possibilities of the Jizan and Farasan island area, *Directorate General of Mineral Resources Open-File Report* **279,** 13 p.

Mytton, J.W. (1966) Geologic map of the Turayf phosphate area, 31/38-39, *DGMR Mineral Investigation Map* **MI-3,** Scale 1:100,000.

Ono, T. (1976) Provisional estimation of ore reserves at the Jadmah prospect [19/41 B], *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources, Japanese Geological Mission Report TR*-**1976-3,** 9 p., 6 figs., 2 tables.

Pellaton, C. (1975) Geology and mineral exploration of the Jabal Salajah quadrangle, 24/37 B, *BRGM Technical Record* **75-JED-26,** 31 p., 2 pl., 2 ills., 2 apps.

Petromin/Boliden (1986) Geological report of the Sukhaybarat East Mine. *Restricted Open-File Report.*

Poloni, J.R. and **Cheeseman, D.R.** (1980) The Jadma copper-zinc deposits, A review, including 1975-1977 exploration results – wadi Shwas area, *Open-File Report DGMR*-**637,** 130 p.

Prinze, W.C. (1983) Geologic map of the Al Qunfudah quadrangle *DMMR, G.M.*-**70A.**

Qadi, T. (1990) *Petrogenesis and Mineralization of the Ghurayyah Pluton, Madyan, northwest Saudi Arabia, Unpublished* Ph.D. thesis, King Abdulaziz University, Faculty of Earth Sciences, 279 p.

Raguin, M. (1981) Synthesis of work and results of the Al Amar zinc-gold occurrence (1955-1976), *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report BRGM*-**01-5,** 94 p.

Ramsay, C.R. (1982) Geology and mineral resources potential of Pan-African granitoid rocks, Northern Midyan Region, *KSA, DMMR Open-File Report DGMR-OF*-**02-11.**

———— **(1986) Specialized felsic plutonic rocks of the Arabian Shield and their precursures,** *J. Afr. Earth Sci.* **4:** 153-168.

Ramsay, C.R., Drysdall, A.R. and **Clark, M.D.** (1986) Felsic plutonic rocks of the Midyan region, KSA – Distribution, classification and resource potential, *J. Afr. Earth Sci.* **4**: 63-77.

Riddler, G.P., Khallaf, H. and **Farasani, A.M.** (1983) Exploration for phosphate in the Sirhan-Turayf region, Northwest Saudi Arabia, *DMMR Open-File Report RF-OF*-**03-22**, 12 p.

Riddler, G.P., Van Eck, M., Aspinall, N.C., McHugh, J.J., Griffin, M.B. and **Farasani, A.M.** (1984) Sirhan-Turayf project, Lithostratigraphy of the Turayf group, *DMMR Open-File Report, RF-OF*-**04-02.**

Riofinex (1979) An assessment of the mineral potential of part of the wadi Bidah district [20/41], *KSA, DGMR report, RF*-**1979-1**, 42 p., 12 fig., 5 tables, 3 app.

Roberts, R.J., Rossman, D.L., Baghdady, A.Y., Conway, C.M. and **Helaby, A.M.** (1981) Iron sulfide deposits at wadi Wassat, Kingdom of Saudi Arabia, *U.S. Geological Survey, Saudi Arabian Mission Technical Record* **17** (Interagency Record **372**), 129 p.

Sabir, H. (1975) Geology of the Jabal Sayid area, Kingdom of Saudi Arabia, *French Bureau de Recherches Geologiques et Minieres Technical Record*, **75-JED-33**, 49 p., 5 figs., 2 tables, 4 plates, 5 maps, 1 section, 1 cross section, 1 pp.

———— (1977) Ore minerology, ore textures and genesis of the Jabal Sayid sulfide deposit [23/40B], *KSA BRGM report* **77-JED-11**, 39 p., 10 ill., 4 tables.

———— (1979) Precambrian polymetallic sulfide deposits in Saudi Arabia and their metallogenic significance, in Evolution and Mineralization of the Arabian Nubian Shield, *KAU, FES, Bull.* **(3), 2**: 83-93.

Sabir, H. and **Labbe, J.P.** (1985) Bi'r Tawilah tungsten prospect, Najd region; In: Felsic plutonic rocks and associated mineralization of the Kingdom of Saudi Arabia, *Mineral Resources Bull.* **29**: 249-255.

Shanti, M.M.S. (1982) *Geology and Mineralization of Ash Shizm, Jabal Ess area*, Ph.D. thesis, King Abdulaziz University, Faculty of Earth Sciences, Jeddah, 293 p.

Sheldon, R.P. (1965) Discovery of phosphate rock in Saudi Arabia and recommended program for further study, *USGS Technical Letter* **22**, 9 p.

Shepherd, J.H. (1964) Prospecting for nuclear material in Saudi Arabia, June 1, 1963 - May 31, 1964, *Saudi Arabian Directorate General of Mineral Resources Open-File Report* **243**, 163 p., 10 figs., 4 pl.

Sigrist, K.F. (1968) Asbestos occurrences, Al Ayes area, Saudi Arabia, *BRGM Files Report S.* **134**, *Hamdah area, Report S*-**135.**

Smith, C.W. (1963) Geologic reconnaissance of the Mahawiyah-Mashuka area [20/41C], *KSA, DGMR*-**212**, 6 p.

Smith, C.W. and **Samater, R.M.** (1984) Preliminary report on gold deposits at Mashaheed, *Kingdom of Saudi Arabia, DMMR Open File Report USGS-OF*-**04-29**, 38 p.

———— (1985) Preliminary studies of gold deposits and a reconnaissance rock-chip sampling program, Al Khaymah region, Aban al Ahmar quadrangle, Kingdom of Saudi Arabia, *Saudi Arabian Deputy Ministry of Mineral Resources Open-File Report USGS-OF*-**05-12**, 32 p.

Smith, E.A., Barnes, D.P., Johnson, P.R., Bognar, B., Coarfield, L. and **Scheibner, E.** (1984) A review of the geology, mineralization and mineral resources potential of the Kingdom of Saudi Arabia, *Deputy Ministry of Mineral Resources, Open-File Report RF-OF*-**05-1**, 322 p.

Spencer, C.H. (1986) The Khulays Bentonite Prospect, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report BRGM-OF*-**06-10**, 54 p., 4 figs., 28 tables, 8 apps.

Spencer, C.W. and **Vincent, P.L.** (1984) Bentonite resource potential and geology of the Cenozoic sediments, Jeddah region, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report BRGM-OF*-**04-31**, 60 p., 15 figs., 9 tables, 3 apps.

Staatz, M.A. and **Brownfield, I.K.** (1984) Mineralogy of drill cores from Jabal Sa'id, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report USGS-OF*-**04-37**, 16 p.

Tayib, J. and **Al Shanti, A.M.** (1983) Geology and mineralization of north Musayna'ah, *Saudi Arabia, FES Bull. No.* **5**: 105-119.

Testard, J. (1983) Khnaiguiyah: a synsedimentary hydrothermal deposit comprising Cu-Zn-Fe sulfides and Fe Oxides in an ignimbritic setting, *KSA Open-File Report, BRGM-OF*-**03-9**, 106 p., 32 figs., 6 tables, 2 app.

Testard, J., Tegey, M., Picot, Mauy M. and **Kosa, Kevitch M.** (1980) Khnaiguiyah: Mineralization in an acid volcano – sedimentary environment, *King Abdulaziz University, FES Bull.* (3), **3:** 79-97.

Tompkins, F.V. (1968) The Jabal Sa'aban copper prospect [18/41B], *KSA, DGMR report PR*-**114,** 7 p.

———— (1970) The Jabal Sa'aban copper prospect, *DGMR, Kingdom of Saudi Arabia, Mineral Resources Research 1968-1969,* pp. 26-27.

U.S.B.M. (1989) *Mineral Year Book,* Dept. of the Interior Bureau of Mines, Vol. **3,** area reports international.

Van Eck, M., Riddler, G.P., McHugh, J.J. and **Farasani, A.M.** (1984) Sirhan-Turayf phosphate project: The discovery of a significant phosphate resource in the Al Jalamid area, *Open-File Report RF-OF*-**04-19.**

Viland, J.C., Billa, M., Couturier, P., Paupy, A., Kelber, J. and **Sonnendrucker, P.** (1987) Review of gold mineralization in the Arabian Shield, *KSA, DGMR Open-File Report BRGM-OF*-**07-6.**

Worl, R.G. (1977) Evaluation of the Umm al Khabath copper prospect, Jabal Ibrahim quadrangle, sheet 20/41 C, *KSA, DGMR report PR*-**213,** 42 p., 5 figs., 3 tables, 1 app.

———— (1979) Ore controls at the Mahd Adh Dhahab gold mine, Kingdom of Saudi Arabia, in Evolution and Mineralization of the Arabian-Nubian Shield, *King Abdulaziz University, I.A.G., Bull.* (3), **2:** 93-107.

Worl, R.G. and **Flanigan, V.G.** (1977) The Jabal Murrayyi copper prospect, Al Aqiq quadrangle, sheet 20/41 D, *DGMR report PR*-**212,** 18 p., 5 figs., 1 table.

ثبت المصطلحات

GLOSSARY

عربي – إنجليزي

﴿ أ ﴾

إبري	Acicular
آثار	Traces
إثراء ، إغناء	Enrichment
إثراء تالي للكبريتيدات	Supergene sulfide enrichment
أجاج	Brine
أجلومريت	Agglomerate
احتياطي	Reserve
احتياطي خام متاح	Available ore reserve
احتياطي خام مثبت	Proved ore reserve
احتياطي خام محتمل	Possible ore reserve
احتياطي خام ممكن مرجح	Probable ore reserve
أحفورة كبيرة	Macrofossil
اختزال	Reduction
أخدود	Rift
أردواز	Slate
أرضية ملاط	Matrix
إزالة التزجج	Devitrification
استثمار	Investment
استخلاص	Extraction
استخلاص الفلزات	Metallurgy
استعاضة	Recovery
استغلال	Exploitation
اصطناعي	Synthetic
أصل الخام الركاز	Ore genesis
إعادة تحريك زحزحة	Remobilization
إفقار	Depletion
اقتصاديات تمعدن	Mineralization economics
اقتصاديات خام ركاز	Ore economics
إقليمي	Regional
أكسدة	Oxidation
إمكانية اقتصادية	Economic potential
أملجم ملغم	Amalgam
أنبوب خام	Ore pipe
إنتاج	Production
انتقالي تدريجي	Gradational
انضواء	Subduction
انفصام	Cleavage

﴿ ب ﴾

بازلائي حمّص	Pisolitic
بئر منجم	Shaft
بركان زفيري	Exhalative volcanic
بركاني الأصل	Volcanogenic
برونز	Bronze
بري	Abrasion
بريشيا	Breccia
بلورة	Crystal
بوتقة	Crucible

بيروميتاسوماتي	Pyrometasomatic
بين طبقية	Stratabound
بيومس	Pumice

﴿ ت ﴾

تأكل	Corrosion
تالٍ للتجبل	Post orogenic
تبركن ، نشاط بركاني	Volcanism
تبطين	Lining
تتابع	Sequence
تتابع ، تسلسل	Succession
تجبل	Orogeny
تجمعات ركامية	Aggregates
تجمعات قواطع	Dike swarms
تجوية متباينة	Differential weathering
تحت بركاني	Subvolcanic
تحت كتلي	Submassive
تحسين	Beneficiation
تحكم	Control
تحميص	Calcination
تحوّل إقليمي	Regional metamorphism
تحوّل حراري	Thermal metamorphism
تحوّل ميتاسوماتي	Metasomatism
تخلّل	Percolation
تدرّجي	Gradational
تراكيب	Structures
ترسّخ	Cratonization
ترقّق	Lamination
تزيين	Decoration
تسفُّل تقع أسفل	Underlie
تشوّه	Deformation
تصادم	Bombardment
تصلّد	Solidification
تطبّق	Layering
تطبّق متدرّج	Graded bedding
تعتلي	Overlying
تعدين تحت سطحي	Underground mining
تعدين سطحي	Surface mining
تعدين مكشوف	Opencast mining
تعرية	Erosion
تعويم	Flotation
تغيّر الصخر	Rock alteration
تغيّر بروبيليتي	Propylitization
تقدير	Estimation
تقشّر	Crustification
تقليد	Imitation
تقييم	Evaluation
تكافؤ	Valency
تكتوني	Tectonic
تلميع ، صقل	Polishing
تلّوريد	Telluride
تمايز صهاري	Magmatic segregation
تمعدن	Mineralization
تمعدن سطحي	Surface mineralization
تمعدن متطبق متزامن	Stratiform mineralization
تمعدن ممنطق	Zoned mineralization
تمنطق	Zonation
تنقيب	Exploration
توزيع نطاقي للتمعدن	Mineral zoning

﴿ ج ﴾

جُـدّة متوافـقـة	Sill
جُـدّة قاطعة	Dike, dyke
جدوى	Feasibility
جُرَيزن	Greisen
جُرف	Scarp
جسم خام	Ore body
جُلمود	Boulder
جوسّان	Gossan
جوفي	Plutonic
جيب خام	Ore pocket
جيل	Generation

﴿ ح ﴾

حائط قدم	Footwall
حائط معلّق	Hanging wall

حجر حديدي	Iron stone
حجر زينة	Cut stone,(Ornamental stone)
حجر كريم	Gem stone
حدْبة ، طية محدبة	Anticline
حدّ التحليل الكيميائي	Assay limit
حدّ التعدين	Cut-off grade
حدّ تماس	Contact
حديد زهر	Cast-iron
حديد غُفْل	Pig iron
حراري مقاومة للصهر	Refractory
حشو مائي	Filling
حفر ماسي	Diamond drilling
حَمْل	Load
حيوي النشأة	Biogenic

﴿ خ ﴾

خام ، ركاز	Ore
خام الشبكة شبه العريقية	Stockwork-like ore
خام الشبكة العريقية	Stockwork ore
خام عريقي	Stringer ore
خام كتلي	Massive ore
خام منثور	Disseminated ore
خبث	Slag
خُردة	Scrap
خسيف	Graben
خفيّة التبلّر	Cryptocrystalline
خلفيّة	Background
خندق	Trench
خندق منجم	Stope

﴿ د ﴾

درجة التليين	Softening point
درجة الصهر	Fusibility point
درجة اللدونة	Plasticity
درز التحام	Suture
دقيق التحبب	Fine grained
دورة بركانية	Volcanic cycle

﴿ ر ﴾

راسب إحلالي	Replacemnt deposit
راسب تحوّلي	Metamorphic deposit
راسب حديد مشرّط شريطي	Banded iron deposit
راسب حشْو	Fissure filling deposit
راسب زفيري	Exhalative deposit
راسب صهاري	Magmatic deposit
راسب فرشي	Sheet deposit
راسب كبريتيدي	Sulfide deposit
راسب متخلّف	Residual deposit
راسب متطبق	Stratiform deposit
راسب مرافد	Placer deposit
راسب معدني	Mineral deposit
راسخ ، رسيخة	Craton
راقـة طبقة	Layer
رتبـة	Grade
رصيص	Conglomerate
رصيف قاري	Continental shelf
رقائق	Laminae
ركاز خام	Ore
رمل قطران	Tar sand
ريوليت مشرط بالسّريان	Flow banded rhyolite

﴿ ز ﴾

زاوي	Angular
زحزحة ، تحريك	Mobilization
زفيري	Exhalative

﴿ س ﴾

سبر ماسي حفر ماسي	Diamond drilling
سبيكة	Alloy
سحيقية ، سحيقي	Deep seated
سرئي بطروخي	Oolitic
سطح توافق	Conformity
سطح عدم توافق لاتوافق	Unconformity

﴿ ش ﴾

شاذّة جيوكيميائية	Geochemical anomaly

شبكة عرقية	Stockwork
شبه شبكي عُريقي	Stockwork-like
شست	Schist
شظايا زاوية	Angular fragments
شظايا صخرية	Rock fragments
شكل غروي	Colloform
شوائب	Impurities

﴿ ص ﴾

صاهرة	Fluxing
صخر صناعة الأسمنت	Cement rock
صخر المصدر	Source rock
صخر مضيف	Host rock
صخري الميل	Lithophile
صدع تمدّدي	Extension fault
صدع قصّ تمزقي	Shear fault
صلصال	Clay
صمام	Valve
صهار صهارة	Magma
صهاري	Magmatic
صوّان	Chert, flint

﴿ ض ﴾

ضحل	Shallow

﴿ ط ﴾

طباقية	Stratigraphy
طبقات حاملة للفحم	Coal measures
طف	Tuff
طفال النفط الزيت	Oil shale
طف لوبيي	Lapilli tuff
طليق	Native
طي	Folding
طيّة	Fold
طية أحادية الميل	Monocline
طية غاطسة	Plunging fold
طية محدبة حدبة	Anticline
طية محكمة	Tight fold
طية محكمة دقيقة	Tight microfold
طية مقعرة	Syncline fold
طين	Mud
طين حفر	Drilling mud

﴿ ع ﴾

عجينة باريس	Plaster of Paris
عدسة	Lens
عرق	Vein
عرق حرمائي	Hydrothermal vein
عرق خام تحتي واضح الحدود	Lode deposit
عرق عقيم	Barren vein
عروق مركبة	Composite veins
عُريق	Veinlet (stringer)
عقيم	Barren
عنصر	Element
عينة لب صخري	Core specimen
عيون كوارتز	Quartz eyes

﴿ غ ﴾

غث ، غثّة	Gangue
غربال	Sieve
غرفة صهار	Magma chamber
غروي	Colloidal
غرويّ الشكل	Colloform
غِرْيَن	Siltstone
غطاء	Overburden
غير متبلّر ، خفيّ التبلّر	Amorphous
غير متجانس	Heterogeneous

﴿ ف ﴾

فتات بركاني	Volcanoclastic
فتات غليظ خشن	Coarse clastic
فتات منقول	Epiclastic
فجوة تجويف	Cavity
فرامبويْد	Framboid
فرشة ، فريشة	Sheet
فلز	Metal

فلزات القاعدة	Base metals
فلزات نفيسة	Precious metals
فلزي	Metallic
فلزي الشكل	Metalliferous
فلسي	Felsic
فوق قاعدي	Ultrabasic
فوق قلوي	Peralkaline
فوق مافي	Ultramafic
فولاذ	Steel
فيض	Flow
فيض بركاني	Volcanic flow

﴿ ق ﴾

قابل للانشطار	Fissionable
قاعدة	Base
قاعدي	Basic
قبّة	Dome
قبة ملح ملحية	Salt dome
قديم	Paleo-
قشرة	Crust
قطرة ، قُطيْرة	Drop, droplet
قطيرات من الخام	Ore droplets
قلوي قلي	Alkaline
قمينة	Kiln
قوس جزيري	Island arc

﴿ ك ﴾

كاليش	Caliche
كبريتيد	Sulfide
كبريتيدات كتلية	Massive sulfides
كبريتيدات مشورة	Disseminated sulfides
كتليّ	Massive
كُريّ الشكل	Podiform
كُريّة	Pod
كلسقلي كلسقلوي	Calc-alkaline
كلسي	Calcic
كومة نفاية	Waste dump

﴿ ل ﴾

لاتريت	Laterite
لب صخر	Rock core
لب قبّة	Domal core
لحام	Cement
ليفي	Fibrous

﴿ م ﴾

مادة لاحمة	Cement material
مافي	Mafic
مالئ فجوات	Cavity filling
مبيد حشري	Insecticide
متآصلة متكونة مع الصهار	Comagmatic
متبخرات	Evaporites
متجانس	Homogeneous
متزامن	Contemporaneous
متزامن مع التبركن	Synsedimentary
متزامن مع الترسيب	Synvolcanic
متطايرات	Volatiles
متوافق	Conformable
متوافق	Concordant
متوسطة التركيب للبركانيات	Intermediate
مثبت	Fixing
مجهري التحبب	Micrograined
محجر	Quarry
محقون	Intrusion
محقون جوفي	Pluton
محكوم	Controlled
محليّ في مكانه	In situ, local
محورطيّة	Fold axis
محورطية محدّبة حدْبة	Anticlinal axis
مختزل	Reducing
مرحلة	Stage
مركّز	Concentrated
مزجّج	Glazed
مسامي	Porous
مستوى تطبق	Bedding plane
مستوى صدع	Fault plane

مشرّط مخطط	Banded
مشرّط بالسّريان	Flow banded
مصاحب	Associated
مصدر حراري	Hot source
مصدّع	Faulted
مضرب	Strike
مطوي	Folded
مطهر	Detergent
معادن ثانوية	Secondary minerals
معادن الخام الركاز	Ore minerals
معادن غثّــة	Gangue minerals
مفصل طيّة	Fold hinge
مكتنفات دقيقة	Micro inclusions
مكتنفات سائلة	Fluid inclusions
مكثّف	Condenser
مكسر محاري	Concoidal fracture
مكمن خام	Ore trap
ملامح تركيبية	Structural features
منتج جانبي ثانوي	By-product
منثور	Disseminated
منجم قديم	Ancient mine
منجم كشفي	Exploration mine
منخفضات أعماق	Depressions, deeps
منكشف	Exposure, outcrop
مواد بناء	Construction materials
مواد تلميع	Polishing materials
مواد حرارية	Refractory materials
مواد ركاميّة	Aggregate materials
مواد صقل تلميع	Abrasive materials
مواد صناعة خزفية	Ceramic materials
مواد طاقة	Energy materials
مواد عزل	Insulating materials
مواد لاحمة	Cement materials
مواد مثبتة	Fixing materials
مورّق	Foliated
موقع تمعدن	Mineral occurrence
ميتالوجيني	Metallogenic

﴿ ن ﴾

ناتج تغيُّر	Alteration product
ناتج ثانوي منتج	By-product
نادر	Rare
نحاس طليق	Native copper
نسيج شبكي	Stockwork texture
نسيج لهبي	Flame texture
نشأة الخام	Ore genesis
نشاط تعديني	Mining activity
نصف قطر أيوني	Ionic radius
نطاق أكسدة	Oxidation zone
نطاق تماس	Contact zone
نطاق تمعدن	Mineralization zone
نطاق قصّ تمزق	Shear zone
نطاق ميتاسوماتي	Metasomatic zone
نظائر	Isotopes
نيزك	Meteorite

﴿ هـ ﴾

هالة تغيّر	Alteration halo
هبوط	Subsidence
هجين	Hybrid

﴿ و ﴾

وقود أحفوري	Fossil fuel

﴿ ي ﴾

يتخلل	Percolate
يسارية ، يساري	Left lateral
يكرر يصفي	Refine
ينبوع حار	Hot spring

إنجليزي – عربي

[A]

English	عربي
Abrasion	بري ، سحج
Abrasive materials	مواد صقل ، مواد تلميع
Acicular	إبريٌّ
Agglomerate	أجلومريت
Aggregate	ركام
Aggregate material	مواد رُكامية
Alkaline	قلوي قِلي
Alloy	سبيكة
Alteration product	ناتج تغير
Alteration zone	نطاق تغير
Amalgam	أملغم أملجم
Amorphous	عديم التبلُّر
Angular	زاوي
Angular fragments	شظايا زاوية
Anticlinal axis	محور طية محدّبة ، محور حَدبة
Anticline	طية محدبة ، حَدبة
Associated	مصاحب

[B]

English	عربي
Banded	مشرط ، مخطط
Banded iron formation	متكون حديد شريطي
Barren	عقيم
Barren quartz vein	عرق كوارتز عقيم
Base	قاعدة
Base metals	فلزات القاعدة
Basic	قاعدي
Bedding	تطبق
Bedding plane	مستوى تطبق
Beneficiation	تحسين
Biogenic	حيوي النشأة
Bombardment	تصادم
Breccia	بريشيا
Brine	أجاج
Bronze	برونز

[C]

English	عربي
Calc-alkalic	كلسقلي ، كلسقلوي
Calcic	كلسي
Calcination	تحميص
Caliche	كاليش
Cast-iron	حديد زهر
Cavity	فجوة ، تجويف
Cavity filling	مالىء فجوات
Cement	لحام ، أسمنت
Cement material	مادة لاحمة
Cement rock	صخر صناعة الأسمنت
Ceramic material	مواد صناعة خزفية
Chert	صوان
Clay	صلصال
Cleavage	انفصام
Cleavage plane	سطح انفصام
Coal measures	طبقات حاملة للفحم
Coarse clastics	فتات غليظ ، خشن
Colloform	غروي الشكل
Colloidal	غروي
Comagmatic	متأصل مع الصهار
Composite veins	عروق مركبة
Concentrate	مركّز
Conchoidal fracture	مكسر محاري
Concordant	متوافق
Conformable	متوافق
Contact	حد تماس
Contemporaneous	متزامن
Continental shelf	رصيف قاري
Core specimen	عينة لب صخري
Corrosion	تآكل
Craton	راسخ ، رسيخة
Cratonization	ترسخ
Crucible	بوتقة
Crust	قشرة أرضية

تقشر	Crustification
خفيُّ التبلُّر	Cryptocrystalline
بلوري	Crystalline
حدّ التعدين	Cut-off grade
حجرزينة	Cut stone

[D]

تزيين	Decoration
منخفضات أعماق	Deeps
سحيقي	Deep seated
تشوه	Deformation
إفقار	Depletion
منخفض	Depression
إزالة التزجج	Devitrification
حفرماسي سبرماسي	Diamond drilling
تجوية متباينة	Differential weathering
تجمع قواطع جُدد قاطعة	Dike swarm
منثور، متناثر	Disseminated
خام منثور	Disseminated ore
كبريتيدات منثورة	Disseminated sulfide
قبة	Dome
لب قبة	Domal core
قطرة خام	Drop (ore)
قطيرات خام	Droplets (ore)

[E]

إمكانية اقتصادية	Economic potential
عنصر	Element
إثراء ، إغناء	Enrichment
تحات ، تعرية	Erosion
تقدير	Estimation
تقييم	Evaluation
متبخرات	Evaporites
زفيري	Exhalative
راسب زفيري	Exhalative deposit
بركاني زفيري	Exhalative volcanic
استغلال	Exploitation
تنقيب	Exploration
منجم كشفي	Exploration mine

[F]

صدْع	Fault
كتلة صدعيّة	Fault block
مستوى صدع	Fault plane
جدوى	Feasibility
دراسة الجدوى	Feasibility study
فلسي	Felsic
ليفي	Fibrous
مالِىء حَشْو	Filling
دقيق التحبب	Fine grained
قابل للانشطار	Fissionable
راسب حَشْو	Fissure filling deposit
مثبت	Fixing
مادة مثبتة	Fixing material
نسيج لهبي	Flame texture
تعويم	Flotation
فيض	Flow
مشرط بالسريان	Flow banded
مكتنف سائل	Fluid inclusion
صاهرة	Fluxing
طية	Fold
محورطية	Fold axis
مفصل طية	Fold hinge
مورّق	Foliated
حائط قدم	Footwall
شق كسر	Fracture
درجة الصهر	Fusibility point

[G]

غثّ	Gangue
معادن غثة	Gangue minerals
حجركريم	Gemstone
جيل	Generation
شاذة جيوكيميائية	Geochemical anomaly
مزجج	Glazed
خسيف	Graben

تدريجي	Gradational
رتبة	Grade
تطبق متدرج	Graded bedding
جريزن	Greisen

[H]

غيرمتجانس	Heterogeneous
متجانس	Homogeneous
موحد الميل ، متجانس الميل	Homocline
مصدرحار	Hot source
هجين	Hybrid
عرق حرمائي	Hydrothermal vein

[I]

تقليد	Imitation
شوائب	Impurities
مبيد حشري	Insecticide
محلي ، مكاني	In situ
مادة عزل	Insulating material
متوسط	Intermediate
محقون	Intrusion
نصف قطر أيوني	Ionic radius
حجر حديدي	Ironstone
قوس جزيري	Island arc

[K]

قمينة	Kiln

[L]

رقاقة رقائق	Lamina (laminae)
ترقق	Lamination
لاتريت	Laterite
طبقة ، راقة	Layer
تطبق	Layering
عدسة	Lens
عدسي	Lensoid
صخري الميل	Lithophile
حمل	Load
عرق خام غني واضح الحدود	Lode deposit

[M]

صهار، صهارة	Magma
صهاري	Magmatic
غرفة صهارة	Magma chamber
راسب صهاري	Magmatic deposit
تمايز صهاري	Magmatic segregation
خام كتلي	Massive ore
كبريتيدات كتلية	Massive sulfides
فلز	Metal
فلزي	Metallic
فلزي الشكل	Metalliferous
ميتالوجيني	Metallogenic
استخلاص الفلزات	Metallurgy
راسب تحول	Metamorphic deposit
ميتاسوماتي	Metasomatism
نطاق ميتاسوماتي	Metasomatic zone
نيزك	Meteorite
مكتنفات دقيقة	Microinclusions
راسب معدني	Mineral deposit
موقع تمعدن	Mineral occurrence
اقتصاديات تمعدن	Mineralization economics
نطاق تمعدن	Mineralization zone
توزيع نطاقي للتمعدن	Mineral zoning
تعدين	Mining
نشاط تعديني	Mining activity
تحريك ، زحزحة	Mobilization
طية أحادية الميل	Monocline

[N]

طليق	Native
ذهب طليق	Native gold
فضة طليقة	Native silver

[O]

طفال النفط ، طفال الزيت	Oil shale
سرئي ، بطروخي	Oolitic

English	العربية
Opencast mining	تعدين مكشوف سطحي
Ore	خام ، ركاز
Ore body	جسم خام
Ore economics	اقتصاديات الخام
Ore genesis	أصل الخام
Ore lode	عرق خام واضح الجوانب أو مجموعة عروق
Ore pipe	أنبوب الخام
Ore pocket	جيب الخام
Ore minerals	معادن الخام
Ore trap	مكمن الخام
Orogeny	تجبّل
Overlying	تعتلي
Oxidation	أكسدة
Oxidation zone	نطاق أكسدة

[P]

English	العربية
Paleo-	قديم
Peralkaline	فوق قلوي
Percolation	تخلل
Pig iron	حديد غُفل
Pisolite	بازلائي ، حمصي
Placer deposit	راسب مراقد
Plasticity	لدونة
Plaster of Paris	عجينة باريس
Plunging anticline	حدْبة غاطسة
Pluton	محقون جوفي
Plutonic	جوفي
Pod	كرة ، كريّة
Podiform	كريّ الشكل
Polishing	صقل ، تلميع
Porous	مسامي ، نفاذي
Possible reserve	احتياطي محتمل
Post-orogenic	تالٍ للتجبل
Precious metal	فلز نفيسي
Probable reserve	احتياطي ممكن مرجح
Production	إنتاج
Propylitization	تغيربروبيليتي
Proved reserve	احتياطي مثبت
Pumice	بيومس
Pyrometasomatism	تحول بيروميتاسوماتي

[Q]

English	العربية
Quarry	محْجر
Quartz eyes	عيون كوارتز
Quartz vein	عرق كوارتز

[R]

English	العربية
Rare	نادر
Recovery	استعاضة
Reduction	اختزال
Refine	يصفي ، يكرر
Refractory	حراري مقاومة للصهر
Regional	إقليمي
Regional metamorphism	تحول إقليمي
Replacement	إحلال ، إبدال
Replacement deposit	راسب إحلالي
Remobilization	إعادة تحريك ، زحزحة
Reserve	احتياطي
Rift	أخدود
Rock alteration	تغيّر الصخر
Rock fragments	شظايا صخر

[S]

English	العربية
Salt dome	قبة ملحية
Scarp	جُرف
Schist	شست
Scrap	خردة
Secondary minerals	معادن ثانوية
Series	تسلسل
Sequence	تتابع
Shaft	بئر منجم
Shallow	ضحل
Shear fault	صدع قصّ ، صدع تمزق
Shear zone	نطاق قصّ ، نطاق تمزق
Sheet	فرشة ، فريشة
Sheet deposit	راسب فريشي

غربال	Sieve
جُدة متوافقة	Sill
حجر غرْين	Siltstone
خبث	Slag
أردواز	Slate
درجة التليين	Softening point
تصلد	Solidification
صخر المصدر	Source rock
مرحلة	Stage
فولاذ	Steel
شبكة عرقية	Stockwork
شبه شبكي	Stockwork-like
خام شبكي	Stockwork ore
نسيج شبكي	Stockwork texture
خندق منجم	Stope
بين طبقية	Stratabound
تمعدن متطبق متزامن	Stratiform mineralization
راسب متطبق	Stratiform deposit
طباقية ، تطبق	Stratigraphy
مضرب	Strike
عُـريْـق	Stringer
خام عُـريْـقي	Stringer ore
تركيب	Structure
ملامح تركيبية	Structural features
انضواء	Subduction
تحت كتلي	Submassive
تحت بركاني	Subvolcanic
تتابع ، تسلسل	Succession
راسب كبريتيدي	Sulfide deposit
تعدين سطحي	Surface mining
تمعدن سطحي	Surface mineralization
درز التحام	Suture
متزامن مع الترسيب	Synsedimentary
اصطناعي	Synthetic
متزامن مع التبركن	Synvolcanic

[T]

رمل قطران	Tar sand
تكتوني	Tectonic
تيلوريد	Telluride
تحول حراري	Thermal metamorphism
طية محكمة	Tight fold
طية محكمة دقيقة	Tight microfold
آثـار	Traces
خندق	Trench
طف	Tuff

[U]

فوق قاعدي	Ultrabasic
فوق مافي	Ultramafic
تعدين تحت سطحي	Underground mining
تسفُّل تقع أسفل	Underlying

[V]

تكافـؤ	Valency
صمام	Valve
عرق	Vein
عُـريْـق	Veinlet
متطايرات	Volatiles
دورة بركانية	Volcanic cycle
فيض بركاني	Volcanic flow
تبركن ، نشاط بركاني	Volcanism
فتات بركاني	Volcanoclastic
بركاني الأصل	Volcanogenic

[Z]

نطاقي	Zonal
تمنطق	Zonation
نطاق	Zone
ممنطق	Zoned

كشاف المؤلفين
AUTHOR INDEX

Abdulziz, M.I. — مكي عبد العزيز ١٢٤، ١٢٥
Abdulhady, G. — ج. عبد الهادي ٢٧
Achard, D. — د. أشارد ٦٥
Afifi, A.M. — عبد القادر عفيفي ١٩، ٢٠
Ahmad, M.S. — محمد سهل أحمد ٦٠، ٦١
Alabouvette, B. — ب. الابونيت ١٢٧، ١٧٣
Al-Fotawi, B.A. — بشير الفوتاوي ١٧٧
Al-Habshi, A. — أ. الحبشي ٢٥٩
Al-Koulak, M.Z. — محمد زياد الكولك ٨٢، ١٧٢، ١٧٣
Allcot, G.H. — ج. هـ. الكوت ١٠٧، ١٠٨
Al-Sari, A.M. — عبد القادر السري ٢٢
Al-Shanti, A.M. — أحمد محمود الشنطي ٢٢، ٣٤، ٣٧، ٣٨، ٤٠، ٤١، ٥٩، ٦٢، ٦٣، ٦٤، ١٠٥، ١٠٦، ١٣٥، ١٣٦، ١٣٧، ١٣٨، ١٣٩، ١٤٠، ١٤٦، ١٤٨، ١٥٠، ١٥١، ١٥٢، ١٥٣، ٢٣٤، ٢٣٥، ٢٣٦
Ankary, A. — عبد الله العنقري ٢٤٨
Artignan, D. — د. آرتيجنان ٢٧
Ashworth, K.L. — ك. آشورث ١٢٤، ١٢٥
Aspinall, N.C. — ن. اسبينال ٢٤٧
Backer, H. — هـ. بيكر ٩٤، ٩٥
Bagdadi, A.J. — عبد العزيز بغدادي ٢٥٦، ٢٥٨
Baghdady, A. — عبد العزيز بغدادي ٣، ٢٤٤
Bardossy, G. — ج. باردوسي ١١٤
Barnes, D.P. — د. بارنز ٢، ٣٠، ٥٤، ٦٦، ٧٦، ٧٩، ٨٠، ٨٢، ٨٤، ١١٤، ١١٥، ١١٦
Bateman, A.M. — آلان بيتمان ٣
Bayly, R.W. — د. بايلي ٩٠
Bege, V.B. — ف. بيج ١٧٣
Berge, J.W. — ج. بيرج ٢٤٨
Berton, Y. — ي. بيرتون ٢٥٩
Bhutta, M.A. — محمد بوتا ٢٢٩
Billa, M. — م. بيلا ٢٧
Black, R.Y. — ر. بلاك ١١٤، ١١٥
Bognar, B. — ب. بوجنر ٢، ٣٠، ٥٤، ٦٦، ٧٦، ٧٩، ٨٠، ٨٢، ١١٤، ١١٥، ١١٦
Bokhari, B. — مدني بخاري ٢٢٢، ٢٢٣
Bowden, R.A. — ر. بودين ٥٢، ٥٣، ٦١
British Steel Corporation — مؤسسة الصلب البريطانية ١٣١، ١٣٢، ١٣٣، ١٣٥
Brobst, D.A. — دونالد بروبست ٢٣٢
Brosset, R. — ر. بروسيت ٥٩، ٢٢٢
Brownfield, I.K. — آي. براونفيلد ٢، ٥، ١٧٠
Brown, G.F. — جلين براون ٣٦
Cartier, A. — أ. كارتير ٢١٥
Cassard, D. — د. كاسارد ٤٥
Cater, T.W. — ت. كيتر ٨١
Cheeseman, D.R. — د. تشيزمان ٧٠
Chevremont, P. — ب. شيفريمونت ٤٥، ١٢٧، ١٢٨، ١٥٠، ١٧٣
Clark, M.D. — م. كلارك ١٧٤
Coarfield, L. — ل. كورفيلد ٢، ٣٠، ٥٤، ٦٦، ٧٦، ٧٩، ٨٠، ٨٢، ٨٤، ١١٦، ١٣٥
Cole, J.C. — ج. كول ١٥٤، ١٥٩
Conreaux, J. — جاك كونرو ٦٧، ٢٢٤
Conway, C.M. — سي. كونواي ٢٤٤

ف. كوتارد ٢٧ Cottard, F.G.
أ. كومون ٢٧ Coumon, A.
ب. كوتورير ٢٧ Couturier, P.
ب. داديت ٢٢٧ Dadet, P.
غازي ديري ١٦٠ Dairi, G.K.
ج. ديفيز ١٧ Davis, G.R.D.
جاك دلفور ٢٣، ٤٢، ٤٣، ٦٢، ٦٧، ١٥٠، ١٧٧، ١٧٨، ١٧٩، ٢٢١، ٢٢٢ Delfour, J.
ج. ديروم ١٦ Dirom, G.A.
ف. دودج ١٤٤، ١٥٤ Dodge, F.C.W.
م. دونزو ٥٧ Donzeau, M.
سي. داوش ١٦٣، ١٧٠، ١٧٤، ١٧٨ Douch, C.J.
أ. درايزديل ١٦٣، ١٦٤، ١٧٨، ١٧٩ Drysdall, A.R.
إي. دوبراي ١١٠، ١١١ duBray, E.A.
م. دوهاميل ٦١، ٦٧ Duhamel, M.
ر. إيرهارت ٧٤، ٧٧، ٧٨، ٨٦، ٨٨، ٨٩ Earhart, R.L.
عمر المهدي ٢٢، ٥٩، ٦٧، ٦٨، ١٤٦، ١٤٨، ١٥١، ١٥٢، ١٥٣، ١٨٥ El-Mahdy, O.R.
ب. إلزاس ٣٧، ٦٥، ٦٦ Elsass, P.
في. إيرتل ٨٤، ٨٥ Ertl, V.
أ. فرساني ٢٤٧ Farasani, A.M.
ف. فهليزن ٨٤، ٨٥ Fehleissen, F.
م. فنتون ١٥٤ Fenton, M.D.
في. فلانيجان ٧٤، ٧٦، ٧٩، ٨٣، ٨٤ Flanigan, V.J.
ن. فوجي ٢٦، ٢٧، ٢٨، ٧٠، ٧١، ٢٠٣ Fujii, N.
إيان جاس ١٥٢ Gass, I.G.
عبد الوهاب قزاز ٧٤، ٧٦، ٧٩، ٨٤ Gazzaz, A.R.
ر. جولدسميث ٨٢، ٨٤، ٨٦ Goldsmith, R.
لويز جونزاليس ١٤٥ Gonzales, L.
هـ. جوتو ٧٢ Goto, H.
ر. جرين ٢٩، ٣٢ Greene, R.C.
وليم جرينوود ٢٦، ٧٤، ٧٦، ٧٩، ٨٤ Greenwood, W.R.
م. جريفن ٢٤٧ Griffin, M.B.
واي. جروس ١٤ Gros, Y.
د. هاكيت ٣٢، ١٦٣، ١٦٩، ١٧٠ Hacket, D.
هاشم حكيم ١٧، ١٨، ٢٠ Hakim, H.D.
م. حسن ٥٩ Hassan, M.A.
أ. هزاع ٢٥٨ Hazza, A.
كارل هيدج ١٥٩ Hedge, C.E.
أ. هلابي ٢٤٤ Helaby, A.M.
ب. هنري ٢٢٧ Henry, B.
سي. هيجاشيموتو ١٢٧ Higashimoto, S.
هيسوك ٢٦، ٢٧، ٢٨ Hisaok
هوبوود ٥١ Hopwood, T.
جي. هكربي ١٧، ١٨ Huckerby, J.A.
عبدالعزيز حسين ٥٩ Hussein, A.A.
ماهر إدريس ٢٢، ٨٨، ١٠٣ Idris, M.H.
ت. إجاراشي ٧٢، ١٢٦، ١٢٧، ١٧٣ Igarashi, T.
باري جاكامان ٧٣، ٧٤، ٧٥، ٧٦، ٧٩ Jackaman, B.
جي. جاك ٢٤٨ Jack, J.
نورمان جاكسون ١٥٦، ١٥٩، ١٦٠، ١٦٣، ١٧٤، ١٧٧، ١٧٨، ١٧٩، ١٨١، ١٨٢ Jackson, N.J.
روي جاكسون ٢٦ Jackson, R.O.
م. جنيسن ٣ Jensen, M.L.
ز. جوهان ٧٦، ١٢٧، ١٢٨، ١٤٥، ١٥٠، ١٧٣ Johan, Z.
بيتر جونسون ٢، ٢٦، ٣٠، ٥٤، ٦٦، ٧٩، ٨٠، ٨١، ٨٢، ٨٤، ١١٦، ١٣٥ Johnson, P.R.
ك. كاتو ٢٧، ٢٨، ٧٠ Kato, K.
فائق قطان ١٥٠ Kattan, F.H.
جيز كِلْبر ٢٧ Kelber, J.
ك. كيلوج ١٧٢ Kellog, K.
جون كمب ١٤ Kemp, J.
م. كيفيتش ٢٢٧ Kevitch, M.
عبدالخالق ٢٢٤ Khalek, A.
حامد خلاف ٢٤٧ Khallaf, H.
ثور كلزقارد ٣٤، ٤١، ٧٤، ٧٦، ٧٩، ٨٤ Kiilsgaard, T.H.
هـ. كلويفر ٢٣٧ Kluyver, H.M.
ك. كومي ٢٦، ٢٧، ٢٨ Komi, K.
ك. كوسا ١٠١، ١٠٢، ١٠٣، ١٠٤ Kosa, K.M.
هـ. كواجاتا ٢٧، ٢٨ Kuwagata, H.
ج. لابي ١٥٤ Labbe, J.P.
ب. لاست ٣٠ Last, B.J.
د. لوران ٢١١، ٢١٩، ٢٥١، ٢٥٦، ٢٥٨، ٢٥٩، ٢٦٠، ٢٦١ Laurent, D.
جاك لوفيفر ٢٢٧ Lefevre, J.C.
ل. ليجو ٢١٤، ٢٣٣ Lhegu, L.

هـ. ليتشر ٨٤، ٨٥ Litscher, H.
بي. لوفتس ١٥٥، ١٥٦، ١٥٧ Lofts, P.G.
جي. لوزج ١١٤ Lozej, G.P.
ر. لوس ٣، ١٤، ١٦، ٢٠ Luce, R.W.
والاس ماكلين ٢١، ٤١، ٢٢٤ MacLean, W.H.
سامي مدّاح ١١٤ Maddah, S.S.
كونراد مارتن ١٧٣ Martin, C.
م. مـوي ١٠١، ١٠٤ Mauy, M.
مصطفى معوض ٧٤، ٧٦، ٧٧، ٧٨، ٧٩، ٨٢ Mawad, M.M.
جي. ماكهيو ٢٤٧ McHugh, J.J.
أو. مايزنر ٢٤٨ Meissner, C.R.
حبيب مرغلاني ٧٤، ٧٦، ٧٩، ٨٤ Merghalani, H.M.
كارل متز ٨٤، ٨٥ Metz, K.
صناعات ميد إيست المحدودة ٢٤١ Mideast Industries Ltd.
جي. ميليسي ٦٦ Milesi, J.P.
جون مور ١٧ Moore, J.M.
جيمس ميتون ٢٤٥ Mytton, J.W.
م. نقبي ٧٤، ٧٦، ٧٩، ٨٤ Naqvi, M.
ت. أونو ٧٢ Ono, T.
ر. أوسكوي ٣٠ Oskoui, R.M.
أ. بوبي ٢٧ Paupy, A.
سي. بيلاتون ١٢٧، ١٧٣ Pellaton, C.
بترومين-بوليدن ٢٥، ٢٦، ٤٢ Petromin-Boliden
هـ. بيتشنيق ٨٤، ٨٥ Petschnigg, H.
م. بيكوت ١٠١، ١٠٢، ١٠٣، ١٠٤ Picot, M.M.
جي. بولوني ٧٠ Poloni, J.R.
ج. بويت ٦٦ Pouit, G.
دبليو. برات ٢٣٢ Pratt, W.P.
برويساج ٩١ Preussag
جي. بريان ١٤ Prian, J.P.
دبليو. برنـز ٨٧ Prinze, W.C.
دبليو. بوفيت ٧٤، ٧٦، ٧٩، ٨٤ Puffet, W.P.
طلال قاضي ١٦٨ Qadi, T.
م. راجوان ٢٢ Raguin, M.
كولن رمزي ١٦٣، ١٧٤، ١٧٧، ١٧٨، ١٧٩ Ramsay, C.R.
ريموند ٢٥٩ Raymond, C.
هـ. رشتر ٩٤ Richter, H.
ج. ردلر ٢٤٧ Riddler, G.P.
ريوفينكس ٧٦، ٧٩ Riofinix
رالف روبرتس ٣، ٧٤، ٧٦، ٧٩، ٨٤، ١٧٣، ٢٤٤ Roberts, R.J.
د. روسمان ١٤٤، ٢٤٤ Rossman, D.H.
رهـ. روسبيشون ٢٧ Rusbichon, Rh.
جي. رايدر ٢٣٧ Ryder, J.M.
حسين صابر ٥١، ٥٢، ٥٣، ٥٧، ١٥٤ Sabir, H.
ر. ساماتر ٣٠، ١١١، ١٥٩، ١٦٠ Samatar, R.M.
أي. شايبنر ٢، ٣٠، ٥٤، ٦٦، ٧٦، ٧٩، ٨٠، ٨٢، ٨٤، ١١٦، ١٣٥ Scheibner, E.
محمد شنطي ٥٦، ١٥٠ Shanti, M.M.S.
ر. شيلدون ٢٤٥ Sheldon, R.P.
جي. شيبرد ٥١ Shepherd, J.H.
ك. سيجرست ٢٢٧ Sigrist, K.F.
سي. سميث ٣٠، ٥٢، ٦٣، ١١١، ١٥٤، ١٥٩، ١٦٠، ١٧٤ Smith, C.W.
إي. سميث ٢، ٥٤، ٦٦، ٧٦، ٧٩، ٨٠، ٨٢، ٨٤، ١١٦، ١٣٥ Smith, E.A.
بي سوننדרוكر ٢٧ Sonnendrucker, P.
سي. سبنسر ٢٠٤، ٢٣٤، ٢٣٧ Spencer, C.W.
م. ستاتز ٥٢، ١٧٠ Staatz, M.A.
دوجلاس ستوسر ١٧٣ Stoeser, D.B.
جمال طيب ٦٢، ٦٣، ٦٤ Tayib, J.
م. تيجي ١٠١، ١٠٢، ١٠٣، ١٠٤ Tegey, M.
جي. تستارد ١٠١، ١٠٢، ١٠٣، ١٠٤، ١٤٢ Testard, J.
ف. تومبكنز ٨٩ Tompkins, F.V.
ر. ترنجارد ٢٧ Tringuard, R.
مكتب التعدين بالولايات المتحدة ١١ U.S.B.M.
بي. فادالا ٢٧ Vadala, P.
ف. فالانت ١٨٥ Vaillant, F.X.
م. فان إك ٢٣٧، ٢٤٧، ٢٤٨ Van Eck, M.
جي. فيلاند ٢٧ Viland, J.C.
بي. فينسنت ٢٠٤، ٢٣٤ Vincent, P.L.
أ. واتسن ١١٤، ١١٥ Watson, A.D.
ر. وورل ١٦، ١٨، ٢٠، ٣١، ٧٤، ٧٦، ٧٩، ٨٣، ٨٤ Worl, R.G.

كشاف المواقع

LOCAIITY INDEX

اسم الموقع

(أ)

أبقيق ٢٠٨

ابن سَرار - بئر١٩٩

أبها ٢٣٠، ٢٥٨

أبو بكر - جبل ١٩٩

أبو جُبَّق ١٧٥

أبو حيالة١٧٧ ، ١٧٨

أبو خُرْق - جبل١٨١

أبو الدود ١٧٥

أبو عَريس٢٦٦

أبو مَرْو - جبل٢٠٠

أبو وزَّة - جبل٢٠٠

أبيار بَني مرّ ٢٠٠

إثـرة ٢٤٢

أجا - جبل٢١٥

أحد (ال) - وادي ٢٣١

أحمر (ال) - جبل ١٧٥

إدساس - جبل ١٠٠، ١١٩، ١٢١، ١٢٤، ١٢٥، ١٢٩

إدمَة - بئر ١٢١

أزَهر (ال) - جبل ٨٢

إسّ - جبل ١٥٠، ١٥١، ١٥٢

إشماس (جبل) ٢٩، ٣١

أطلنطس - منخفض (٩٠ - ٩٧)، ١٦٢

اللّدَم ٢٠٤

أمار (ال) ١٣، ٢١، ٢٢، ٢٣، ٣٥، ٥٠، ١٠٠، ٢٣١، ٢٥١
أم البركْ ١٧٥، ١٧٩
أم جًراد (٢٣٣ - ٢٣٥)
أم جرفان ١٨٥
أم الَخبث ٨٣
أم الدَّمار ٢، ٦٠، ٦١، ٦٢
أم سُقيان - جبل ١٧٠
أم الشَّلاهيب ٥٨، ٥٩
أمطيرة ١٣، ٢٩، ٣٠، ٣١، ٣٢
أم الغربان ٢١٧
أُمْلُج ٩٩، ١٢١، ١٤٢
أم حويد - خشم ٢٠٩
أم وُعال ٢٤٥
إيتان - وادي ١٩٠

(ب)

باحة (ال) ٧٤، ٨٠، ٨١
باغم - جبل ١٦٦، ١٧٥
بَتراَن - جبل ١٧٥، ٢٢٧
بدايع الجمال (١٥٤-١٥٦)
بدْع (ال) ٢٤٣
برٍيدة ٢٠٨، ٢٢٨
بُشرى - جبل ٢١٥
بَقيَّة ١٨٥
بيَدة - وادي ٣٥، ٧٢، ٧٣، ٧٤، ٨٥، ١٨٧
بيّة ١١٠، ١٨٠
بِير عسكر ٢٥٣، ٢٥٨

بيُون – جبل ٢١٥

(ت)

تَبوك ١٩٧، ٢٠٤، ٢٠٧، ٢٠٨، ٢٢٨
تَثليث ٢٢٦
تشين – منخفض ٩٥
تُرَبَة – وادي ٢٥٣، ٢٦٠
تيران – جبل ٢١٥
تِيس – جبل ١٥٠، ١٥٢، ٢٢٧

(ث)

ثَرْبان – وادي ٧٦
ثَلْمان – جبل ٢٦٦
ثَنيّات – (ال) ١٩٧، ٢٤٥

(ج)

جاهلية (ال) ٢٠٤
جُبّ (ال) ٢٦٦
جبَلات ١٨٧
جُبَيل (ال) ٢٠٤، ٢٢٨
جدَاير (ال) ١٤٤
جدْمة (ال) ٣٥، ٦٩، ٧٠
جُذَيْبة العفر ٢١٥
جعْلاني (ال) ٣٥، ٢٠٠، ٢٥١
جَلاَميد (ال) ٢٤٥
جُموم (ال) ١٣٩، ٢٥٣، ٢٥٨
جُـوف (ال) ٢٢٨

جيزان ٢٠٨، ٢٠٩، ٢٤٠

(ح)

حايل ٢١٥
حَبَّةُ – جبل ٢١٥
حَجَار (ال) ١٣، ٢٦، ٢٨، ٦٩
حَسْمَه – هضبة ٢٠٤، ٢١٥
حُسيرة (ال) ٢٠٤
حُفيرة (ال) – سهل ٢٠٤، ٢١٥
حُقْبان ١٧٥، ١٨٣
حُلَيْفة (ال) ٢٠٤، ٢٣٧
حماط (جبل) ٢٥١
حَمراء (ال) – شعبة ٦٩، ٧٢
حَمراء (ال) – جبل ١١٩، ١٢١، ١٧٥، ١٨٦
حَمْضَة (ال) ٢٢٦
حُمَيمة – بئر ٢٠٤
حُوَارة (ال) شعب ٦٥، ٦٦
حَيَّان – وادي ١٢١، ١٢٥، ١٢٦، ١٢٧، ١٧٣

(خ)

خانوقة ٢٥٣، ٢٦٠
خَرَّار (ال) – وادي ٢٠٠، ٢٦٦
خَرْج (ال) ٢٠٤، ٢٠٩
خشبان الحاوي ٢١٩
خُشَيْم رضي ٢٠٤
خُشَيْرَمة – وادي ١٦١
خَفْجي (ال) ٢٠٨

خُلَيْص ٢٠٤، ٢٣٤
خُـمَـال - وادي ٤٥، ١٢١، ١٢٧، ١٢٨، ١٤٣، ١٤٥، ١٦١، ١٧٣، ٢٢٧، ٢٣١، ٢٥٣، ٢٥٩
خُمْرة ٢٦٦
خميس (ال) - سوق ٩٠
خميس مُشَيْط ١٩٩، ٢٣٠
خُنَيْقِيَّة (ال) (١٠٠ - ١٠٤)، ١٤٢
خُوار (ال) - جبل ٢٥٣، ٢٦١

(د)

دَحول - جبل ١٧٠
دُغْم (ال) ٢٠٤، ٢٢٨
درب سعد ٢٠٤
دُمَّة (ال) ١١٠، ١٨٠، ١٩٩
دَمَّام (ال) ٢٠٤
دَوادمي (ال) ٢، ٣٥، ٣٨، ٢٥١
ديسكَفري ٢٥

(ذ)

ذات الرُّجوم ٢١٥

(ر)

رَابغ (٢٠٧ - ٢٠٩)، ٢٣٣، ٢٣٥
راكان ٢٥٩
رَاكة (ال) ٢٤٣
رَاوة - وادي ١٨١، ٢٢٧
رَبَد (ال) - جبل ١٧٨، ١٧٩

رَبَذان (٧٣ - ٧٥)، ٨٥
رُبع الخالي (ال) ١٩٦
رُخام (ال) - جبل ١٨٤، (٢٢٢ - ٢٣٠)
رُخَيَّات السوداء ٢٠٤
رَدادي (ال) - جبل ١٧٩
رُدَيْنية (ال) ٣٦، ٣٩، ٩٩، ١٠٠، (١٠٤ - ١٠٦)
رُغامة - جبل ٢٣٣
رتامة ١٨٣، ٢٢٨
رَقَب (ال) - جبل ٢١٥
رَوْضة (ال) ٢١٥
رياض (ال) ٣٥، ١٩٦، ٢٠٨، ٢٥٣، ٢٥٩
رِين (ال) ٢٥١

(ز)

زَبيرة (ال) (١١٣ - ١١٦)، ٢٠٢، ٢٠٤
زُغْبية (ال) ٢٠٤
زُلْفي (ال) ١٩٦
زُهْد (ال) - جبل ١٧٧، ٢١٥
زُهْرة (ال) ٣٥

(س)

سَحلولة ١٣٤
سدادَة ١٦٠
سَراة بيشة ١١٠، ١٨٠، ١٨٣
سرحان - وادي ١٧٧، ٢٤٥، ٢٤٦، ٢٤٧
سَرَوَات (ال) - جبل ١٢١
سِلسلة (ال) - جبل ١١٠، ١١١

سَلْمى (جبل) ٢٦٦
سُلَيْكية (ال) ١٣٦، ١٣٧، ١٣٩
سَمَر - جبل ٢٦٦
سَمْرة ٢، ٣٩، ٤٠، ٢٠٠
سَميرة ٣٩
سَنَام ٢١٧
سنْفَة (ال) - جبل ١٣٤
سَهَامي (ال) - جبل ٢٠٤
سُهَيْلية (ال) ١٨٥
سُوت (ال) ٣٥، ٨٥
سُودة - جبل ٢٠٠

(ش)

شامة - جبل ٢١١
شايب (ال) - جبل ١٠٠، ١٠١، ١٠٧، ٢١٩
شايع - جبل ١٢١
شدارة - جبل ٢١٥
شَرْمَة (ال) ١٢٩، ١٣١
شَرورة ١٩٦
شزْم (ال) (٥٥ - ٥٧)، ١٥٠
شَعْب الطير ٧٤، ٧٦، ٧٧، ٨٥
شَعْبَة (ال) - وادي ١٩٩
شُعَيْلة ٢٣٣
شُمَيْسي (ال) ١٢١، ١٣٥، ١٣٧، ١٣٩، ١٤٠
شهبا (جبل) ٢٠٤
شُواص - وادي ٦٩، ٧٠، ٧١
شيسة - وادي ٨٩

(ص)

صايد - جبل (٥٠ - ٥٤)، ١٦٨، ١٦٩، ١٧٥، ١٧٧، ١٧٨، ١٧٩، ٢١٥
صبحة - جبل ١٧٠
صُخَيْرات (ال) ١٣، ٢٤، ٢٥
صُخَيْرة ٢١٥
صَرْبون - جبل ٨٩
صَعْبان - جبل ٨٩
صَعْدة - وادي ٦٥، ٦٦
صفْر (ال) ٨٥
صَفْرة (ال) ٢، ٦٧، ٦٨
صَفْورة ٢٠٤
صقرة ١٦١
صَواوين - وادي ١٢٠، ١٢١، (١٢٩ - ١٣٤)

(ض)

ضُبا ٢٠٧
ضُرْمَة ٢٠٤

(ط)

طائف (ال) ٢٠٠
طاولة - جبل ١٧٠، ١٧٥، ١٧٧
طَربان - جبل ١١٠، ١٨١، ١٨٢
طُرَيف ١٧٧، ٢٤٥
طُلوحة ١٥٠، ١٥٢
طُوال البئر ١٢١
طُوالة (ال) - جبل ١٧٨، ١٧٩، ٢١٥

طَويلة - بئر ١١٠
طُويِّل الكبريت ٢٠٩
طينيات (ال) ٢٠٤

(ظ)

ظَرْغَط ١٨٤، ٢٢٠، ٢٢١، ٢٢٤
ظَلْم ٢، ٣، ١١٠، ١٧٠، ١٧٧
ظيلان - جبل ٩٩، ١٠٠، ٢٣٣

(ع)

عَبْلَة ١٥٩، ٢٠٠، ٢١٤
عَبيد (ال) - جبل ١٨٥
عُشَيْرَان ١٨٣
عَرْجا ٣٥، ٢١٩
عَرْقانة (ال) - طور ٢٠٤
عَرْقَة ٢٤٥
عَريض (ال) ١٩٦
عَسْفان ٢٠٤، ٢٣٤
عُشّ كامب ١٨٥، ١٨٨
عَطشانات - وادي ٢٠٤
عَفيف ٢٦١
عقيق (ال) ٢١٥
عُمق - بئر ٢٢٧، ٢٣١
عُوجة - جبل ١٧٨، ١٧٩، ٢١٥
عُوَيْمَة ١٨٧
عُوَيْند (ال) ١٥٠، ١٥١، ١٥٢
عِيسَ (ال) ١٤٦، ١٤٨، ١٤٩، ٢٢٦

عَيْن دار ٢٠٤

(غ)
غاط (ال) ١٩٦
غُرَّب – جبل ٢٢٧
غُوانين – جبل ٢٠٤
غُرَيَّة (ال) ١٦٥، ١٧٥، ١٧٧، ١٧٩
غُزْلان – جبل ٢٥٣، ٢٦١

(ف)
فاطمة – وادي ١٢٠، ١٢١، ١٣٥، ١٣٦، ١٣٧، ١٤٠، ٢٥٣، ٢٦٠
فَرَسان – جبل ٢٣١، ٢٥٣، ٢٥٩
فَرسان – جزيرة ٢٤١، ٢٤٢
فَرْش – وادي ٦٩، ٧٢
فَزران – جبل ٢٠٤
فُضيْلي (ال) ٢٠٤

(ق)
قَبقَب ١٢١، ١٢٧
قَحْمة (ال) ١٢٠، ١٢١
قُدَيد – وادي ١٩٩، ٢٣٠
قُرَيَّات الملح ٢٤٢
قُرَيْنَـة ٢٠٠
قَصيم (ال) ١٩٦، ٢٠٨
قَطَن – وادي ١٢٠، ١٤٣، ١٤٤، ١٩١
قُفار – جبل ١٧٥
قهاب ٧٤، ٧٦، ٧٨

قُوَيْعية (ال) ٢٤٣

(ك)
كبريت - وادي ٢٤٣
كُتَيْفة ١٨٦، ١٨٧
كَرَات - بئر ١٨٠
كرْش - جبل ١٥٩
كُرَيْزِية - جبل ٢٦٦
كُرّ (ال) - وادي ١٣٧
كِشْب - حرّة ٢٦٦
كَهْفة (ال) ٢٠٤
كوارتز هلْ ١٨٦، ١٨٧
كُوّارة - جَبل ١٧٨، ١٧٩

(ل)
لَقَطَة ١٢١، ١٧١، ١٧٢
ليبت ٧٤، ١١٠، ١٧٥
لِيف ٧٩

(م)
متْبَع ١١٠
مَثْقَال ١٢٠
مًجاردَة (ال) ١٧١، ١٧٢
مَحَاوِيَّة (ال) ٧٤، ٨٠، ٨٥
مُحْتَرق (ال) ٦٩، ٧٢
مَدْرَكة ٢٠٤، ٢٥٣، ٢٦٠
مِرَات ١٩٦، ٢٠٤

مَرَاغة ٢٠٩
مَرْشَة – وادي ١١٠، ١٧٥
مَرْوَة – وادي ٢١٩
مُرَيْجيب ١٢١
مُرَيْر (ال) ٢٠٤
مُرَيّع – جبل ٨٢
مَسَايل (ال) ١٧٩، ١٨١، ١٨٣
مَسْلِيَّة ١٢١
مشّ (ال) – جبل ٧٠، ٧٢
مُشَاحيد (ال) ١٥٩
مشاشَ الوبيلية ٢٠٤، ٢٣٧
مُشوش – جبل ١٧٠
مَصَانِع (ال) ٥٠، ٦٤، ٦٥، ٦٦، ١٠٠
مُصَيْنِعَة (ال) ٢، ٦٢، ٦٣، ١٥٠، ٢٢٧
مُغَيْرَة ١٥٢
مَقْنا ٢٠٩، ٢٤٣
مُكْحَل (ال) ٩٠، ١٠٠
مَلاَّحة ٢٣١
ملحة ٧٤، ٨٤, ٨٥
مَلْحيجة ٢٣١
مَلْقطَة ٧٤، ٨٣
مَنْضَحَة (ال) ٨٢
مَنْعَة (ال) ٢٣٠
مَهْد الذهب ٢، (١٣ – ١٨)، ٥٠، ٥١، ١٠٠
مُهَيْد (ال) ١٤

(ن)

نَبْط - بئر ١٢٧، ١٧٣، ٢٣١

نِجاب (ال) ٢٤٣، ٢٦٦

نَجْران ٢٥٨

نطاق - جبل ١٧٧

نُعَيْرِيَّة (ال) ٢٠٤

نَعيمَ (ال) - جبل ٢٥٣، ٢٥٩

نُقْبَيْن ١٧٥، ١٧٨

نُقْرَة (ال) ٢، ٣٥، (٤١ - ٤٣)، ١٠٠، ١٦١، ١٧٧

نَمَار (ال) ١٨٥

(هـ)

هَجيرَة (ال) ٢٢٦

هَضَبُ الدَّياحين ٢١٤

هَضْبُ الشَّرار ٢١٥

هَضْبَة (ال) ١٤٣، ١٤٤

هُفوف (ال) ٢٠٨

هُمَيْلِيَّة (ال) ١٨٦

(و)

وبَيْليَّة (ال) ٢٠٤، ٢٣٧

وجّ ٢٥٣

ودّ ٢٥٣، ٢٥٦

وُرْجان ١٨٧

وَسَط - وادي ١٢١، ١٤٣، ٢٤٤

وَصْق (ال) ٤٥، ١٥٠، ١٥٢، ٢٢٦، ٢٣١

وَصْمَة - جبل ٢١٥

وَقْـد ١١٠، ١٧٥

وَنّان (ال) ٢٠٤

(ي)

يَـارا ٢٥٣، ٢٥٦
يبا – وادي (٨٦ – ٨٨)، ١٠٠
يَعْلا ١١٠، ١٧٥
يَنْبُع ٢٠٤، ٢٠٨، ٢٠٩، ٢٥٩
يُوب (ال) ١٧٥

كشاف الموضوعات

SUBJECT INDEX

الراسب المعدني

(أ)

أحجار كريمة (٢٦٣ - ٢٦٩)

أسبستوس (٢٢٥ - ٢٢٧)

أسمنت (٢٠٦ - ٢٠٨)

أصواف سليكاتية (٢٠٩ - ٢١١)

ألومنيوم (١١٢ - ١١٦)

أنتيمون (١٨٤ - ١٨٥)

أنهيدريت (٢٠٨ - ٢٠٩)

أنورثوزيت (٢٥٩)

(ب)

باريت (٢٣٢ - ٢٣٤)

برليت (٢٠٩ - ٢١١)

بريليوم (١٨٠ - ١٨١)

بلاتين (٤٣ - ٤٥)

بنتونيت(٢٣٤ - ٢٣٧)

بوتاسيوم(٢٤١ - ٢٤٢)

بوكسيت(١١٢ - ١١٦)، ٢٠٢

بيزموث(١٨٦ - ١٨٧)

(ت)

تلك(٢٣٠ - ٢٣١)

تنتالوم(١٦٣ - ١٧٠)

تنجستن(١٥٣ - ١٥٧)

تيتانيوم(١٧٠ - ١٧٤)

(ث)

ثوريوم(١٧٧ - ١٧٨)

(ج)

جابرو(٢٥٩)

جبس((٢٠٨ - ٢٠٩)

جرافيت (٢١٨ - ٢١٩)

جرانيت(٢٥٣ - ٢٦١)

(ح)

حجر أخضر(٢٥٥)

حجر جيري(٢١٩ - ٢٢٠)

حجر رملي(٢٥٥)

حديد(١١٧ - ١٤٠)

(ذ)

ذهب(١١ - ٣٠)

(ر)

رخام(٢٥٣ - ٢٦١)

رصاص(٩٧ - ١٠٨)

رمل الزجاج(٢٢٨ - ٢٢٩)

(ز)

زركونيوم(١٧٨ - ١٧٩)

زرنيخ(١٨٥ - ١٨٦)

زنـك(٩٧ - ١٠٨)

زئبق(١٨٨ - ١٨٩)

(ص)

صلصال(٢٠٢ - ٢٠٤)

(ط)

طفال الزيت(١٩٧)

(ع)

عناصر أرضية نادرة (١٧٤ - ١٧٦)

(ف)

فاناديوم (١٦٠ - ١٦١)

فحم(١٩٥ - ١٩٦)

فضة(٣٠ - ٤٣)

فلسبار(١٩٩ - ٢٠١)

فلوريت(٢١٣ - ٢١٧)

فوسفات(٢٤٣ - ٢٤٨)

فيرميكيوليت(٢٣٤ - ٢٣٧)

(ق)

قصدير (١٠٨ - ١١١)

(ك)

كادميوم(١٨٧ - ١٨٨)

كبريت(٢٤٢ - ٢٤٣)

كـروم(١٤٥ - ١٥٣)

كوبلت(١٦١ - ١٦٢)

(ل)

ليثيوم(١٨١ - ١٨٣)

(م)

ألماس(٢٦٥)

مغنيسيوم(٢٢٠ - ٢٢٤)

ملح الطعام(٢٣٩ - ٢٤١)

منجنيز(١٤٠ - ١٤٢)

مواد رُكامية(٢٠٥ - ٢٠٦)

مواد صَقْل(٢٤٩ - ٢٥١)

مواد عَزْل(٢٠٩ - ٢١١)

موليبدنم(١٥٧ - ١٦٠)

ميكا(٢٢٩ - ٢٣٠)

(ن)

نحاس(٤٧ - ٩٧)

نيكل(١٤٢ - ١٤٥)

نيوبيوم(١٦٣ - ١٧٠)

(ي)

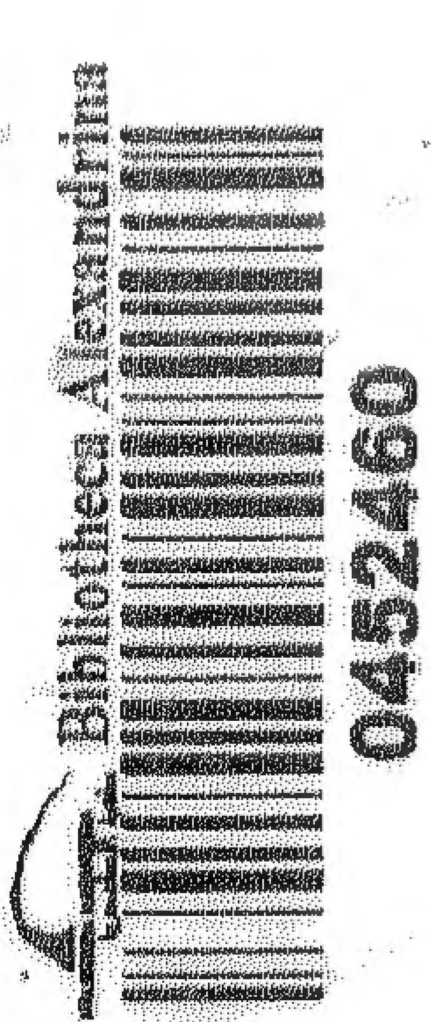
يورانيوم(١٧٦ - ١٧٧)

وَالحَمْدُ للهِ أَوَّلًا وَآخِرًا

مطابع جامعة الملك عبد العزيز



- الدكتور أحمد محمود سليمان الشنطي .
أستاذ جيولوجيا التعدين .
- ولد في عام ١٣٥١هـ (١٩٣٢م) .
- تخرج من جامعة عين شمس في مصر في عام ١٩٥٧م تخصص جيولوجيا .
- حصل على درجة الماجستير عن « رواسب الحديد البطروخي مابين جدة ومكة » من جامعة القاهرة في عام ١٩٦٤م ولأهمية هذا العمل نشر بأكمله في عدد مستقل (Mineral Resources Bulletin No. 2) .
- حصل على درجة الدكتوراه في الجيولوجيا التعدينية من مدرسة المناجم الملكية في كلية الامبيريال للعلوم والتقنية جامعة لندن في عام ١٩٧٣م عن « جيولوجية وتمعدن الفضة في منطقة الدوادمي بالمملكة » وقد نشر هذا العمل بأكمله في الأعداد أرقام ١٢ ، ١٣ و ١٤ من Mineral Resources Bulletin Nos. 12, 13, 14 .
- عمل جيولوجيًا في المديرية العامة للثروة المعدنية ، ثم رئيسًا لقسم التعدين فيها لمدة ست عشرة سنة منذ ١٩٥٧م وحتى ١٩٧٣م .
- انتقل للعمل مديرًا لمركز الجيولوجيا التطبيقية للدراسات العليا ثم عميدًا له بعد ضمه لجامعة الملك عبد العزيز بجدة من ١٩٧٣م وحتى عام ١٩٧٩م مع قيامه بالتدريس لمرحلة البكالوريوس والدراسات العليا . وفي عهده تطور مركز الجيولوجيا التطبيقية إلى معهد الجيولوجيا التطبيقية ثم إلى كلية علوم الأرض بتخصصاتها المميزة لمراحل البكالوريوس والماجستير والدكتوراه .
- أشرف على عدد من رسائل الماجستير والدكتوراه بالإضافة إلى اشتراكه في مناقشة عدد آخر منها .
- رأس قسم الجيولوجيا الاقتصادية لمدة ست سنوات من ١٤٠١هـ وحتى ١٤٠٧هـ ، وقسم الجيولوجيا الهندسية سنتين من ١٤٠٩هـ وحتى ١٤١١هـ .
- اشترك في كثير من البحوث المدعمة ، والبحوث غير المدعمة ، نشر الكثير منها في مجلات دولية ومحلية .
- رقي إلى مرتبة أستاذ مشارك بتاريخ ١٣٩٩/١٢/٢٠هـ .
- رقي إلى مرتبة أستاذ بتاريخ ١٤٠٣/٨/٨هـ .
- عضو المجلس الأعلى لجامعة الملك عبد العزيز من عام ١٣٩٦ إلى ١٤٠١هـ .
- عضو مجلس جامعة الملك عبد العزيز من عام ١٣٩٦ إلى ١٤٠١هـ ومن عام ١٤١١ إ
- عضو المجلس العلمي بجامعة الملك عبد العزيز منذ عام ١٤٠١هـ حتى ١٤١٠هـ
- عضو في عدد من الجمعيات العلمية العربية والعالمية .
- ساهم في عدد كبير من المؤتمرات الوطنية والدولية .
- رئيس مجلس أمناء معهد النفط العربي للتدريب التابع لمنظمة الدول العربية المصدّ ١٣٩٩هـ (١٩٧٩م) وحتى عام ١٤١٥هـ (١٩٩٤م) .
- رئيس هيئة تحرير مجلة جامعة الملك عبد العزيز : علوم الأرض من تاريخ ١٤٠٧هـ



ردمك : ٧ - ٠٤٩ - ٠٦ - ٩٩٦٠
ISBN : 9960 - 06 - 049 - 7
مطابع جامعة الملك عبد العزيز